

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO CLAUDINO BARBOSA

**POLÍTICA DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL:  
TRAJETÓRIAS E EMPRESAS BENEFICIADAS**

CURITIBA

2017

TIAGO CLAUDINO BARBOSA

**POLÍTICA DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL:  
Trajetórias e empresas beneficiadas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas.

Orientadora: Profa. Carolina Bagattolli  
Coorientadora: Profa. Noela Invernizzi

CURITIBA  
2017







MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
Programa de Pós Graduação em POLÍTICAS PÚBLICAS  
Código CAPES: 40001016076P0


### TERMO DE APROVAÇÃO

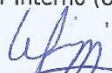
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em POLÍTICAS PÚBLICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **TIAGO CLAUDINO BARBOSA**, intitulada: **"Política de Inovação em Nanotecnologia no Brasil: Trajetórias e Empresas Beneficiadas"**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

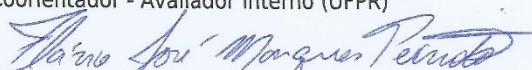
Curitiba, 17 de Fevereiro de 2017.

  
CAROLINA BAGATTOLLI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
MARCOS PAULO FUCK  
Avaliador Interno (UFPR)

  
NOELA INVERNIZZI CASTILLO  
Coorientador - Avaliador Interno (UFPR)

  
FLAVIO JOSE MARQUES PEIXOTO  
Avaliador Externo (UFF)

À minha mãe.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha querida Mãe, pelo suporte financeiro e emocional que sempre me ofertaram e por me acolherem nos momentos de angústia e dúvida.

Às minhas orientadoras, Profa. Dra. Carolina Bagattolli e Profa. Dra. Noela Invernizzi pela orientação nesse trabalho, por todas as dicas e conselhos e pelo acompanhamento da minha jornada acadêmica nos últimos anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas da Universidade Federal do Paraná, aos professores e aos demais colaboradores do mesmo pelo apoio recebido.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, Prof. Doutor Marcos Paulo Fuck e Doutor Flávio José Marques Peixoto pelas dicas, pelas bibliografias e dados passados e pela disponibilidade para ajuda sempre que necessário.

A todos os colegas que tive o prazer de conhecer durante as aulas do programa, em especial às *nanogirls* Josemary Quevedo e Myrrena Inácio pelas dicas, puxões de orelha e opiniões dadas a mim. Ao meu grande amigo Leandro César Moreira Santos, pelas risadas, dicas, figuras do *Corel* e tudo mais.

Agradeço também a todos os meus outros amigos, por me aguentarem nos momentos de nervosismo, frustração e desespero, assim como por tolerarem minha negligência quanto a nossas relações, minha cabeça às vezes distante e meus momentos de autocomiseração. Em especial meu melhor amigo, Eduardo Fonseca Maia.

Todos foram fundamentais para meu sucesso não somente acadêmico, mas como pessoa, perdoem as minhas falhas e recebam a minha gratidão.

*Mais um homem entrou na tabacaria (para comprar tabaco?)  
E a realidade plausível cai de repente em cima de mim.  
Semiergo-me energético, convencido, humano,  
E vou tencionar escrever estes versos em que digo o contrário.*

*Acendo um cigarro ao pensar em escrevê-los  
E Saboreio no cigarro a libertação de todos os pensamentos.  
Sigo o fumo como uma rota própria,  
E gozo, num momento sensitivo e competente,  
A libertação de todas as especulações  
E a consciência de que a metafísica é uma consequência de estar mal disposto.*

*Depois deito-me para trás na cadeira  
E continuo fumando.  
Enquanto o Destino me conceder, continuarei fumando.*

*(Se eu me casasse com a filha da minha lavadeira,  
Talvez fosse feliz)  
Visto isto, levanto-me da cadeira. Vou à janela.  
O homem saiu da Tabacaria (metendo troco na algibeira das calças).  
Ah, o conheço, é o Esteves sem metafísica.  
(O Dono da Tabacaria chegou à porta.)  
Como por um instinto divino o Esteves voltou-se e me viu  
Acenou-me adeus, gritei-lhe “Adeus ó Esteves!”, e o universo  
Reconstruiu-se-me sem ideal nem esperança, e o Dono da Tabacaria sorriu.*

**Álvaro de Campos (Fernando Pessoa), 15/01/1928**

## RESUMO

Mesmo não estando completamente madura, a nanotecnologia tem sido apontada como uma das tecnologias emergentes mais promissoras, podendo ser a líder de uma revolução tecnológica futura (DRECHSLER, 2009). Diante disso, governos dos mais diferentes países têm criado políticas públicas de fomento específicas para a área, incluindo o Brasil. A continuidade e seletividade dessa política, assim como o perfil dos projetos e das empresas beneficiadas são informações relevantes para a caracterização da mesma. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é reconstruir a trajetória da política de fomento à inovação empresarial em nanotecnologia no Brasil a partir de três dos mais importantes instrumentos de fomento nacionais: a Subvenção Econômica à Inovação da FINEP, a subvenção à associação ICT-empresa da FINEP e o programa RHAIE de bolsas para pesquisadores em empresas do CNPQ, bem como analisar o perfil dos projetos aprovados na área e das empresas que obtiveram recursos. Dentre os principais resultados encontrados, destaca-se: a falta de continuidade, seletividade e a baixa priorização da NT nos editais, concentrando os recursos em alguns anos; o fato de que a maioria dos projetos foi direcionada para aplicações na área de saúde e materiais, havendo nenhum ou pouco fomento para áreas importantes como eletrônica, fotônica e meio ambiente e que as empresas estão concentradas geograficamente no estado de São Paulo, tendem a ser relativamente novas, de capital nacional e pertencer a variados setores de atividade.

Palavras-chave: Fomento à inovação, nanotecnologia, empresas.



## **ABSTRACT**

Even not completely matured, nanotechnology has been considered one of the most promising emerging technologies, possibly the leader of a new technological revolution (DRECHSLER, 2009). Thus, governments of different countries have created specific innovation policies for the area, including Brazil. The continuity and selectivity of this policy, as well as the profile of the projects and of the companies benefited, are relevant information for the characterization of the same. Therefore, the objective of this master's thesis is to analyse the evolution of nanotechnology innovation policy in three of the most important Brazil's innovation programs: The Economic Grant for Innovation from FINEP, the grant for projects of STIs associated with companies from FINEP and the program RHAÉ of subsidy for personnel in R&D projects of companies from CNPq, as well as analyse the application areas of the projects and the profile of the supported companies. The main results found were that: the policy in these programs was discontinuous, not as selective as it could have been and that NT was given less attention in reality than it was in the discourse. Most projects were for Human Health and Materials applications, although other important areas as electronics, photonics and environmental applications had fewer resources. The companies were concentrated in the state of São Paulo, they tended to be relatively young, national and from various economic sectors.

Key words: Innovation promotion, nanotechnology, companies.

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PRODUTOS IDENTIFICADOS E CATEGORIAS DE USO ENTRE 2007 E 2014 .....	60
FIGURA 2 - ESTRUTURA DA INICIATIVA BRASILEIRA EM NANOTECNOLOGIA .	86
FIGURA 3 – LINHA DO TEMPO DAS CHAMADAS QUE MENCIONARAM E/OU CONTEMPLARAM NT .....	128

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PROPORÇÃO DAS PUBLICAÇÕES EM NT E TOTAIS POR PAÍS ENTRE 1991 E 2007 .....	54
GRÁFICO 2 – TAXAS DE CRESCIMENTO DAS PUBLICAÇÕES EM NT E GERAIS POR PAÍS ENTRE 1996 E 2006.....	55
GRÁFICO 3 – PROPORÇÃO DE PATENTES RELACIONADAS À NT E TOTAIS POR PAÍS ATÉ 2005.....	56
GRÁFICO 4 – NÚMERO DE EMPRESAS IDENTIFICADAS COM PRODUTOS EM NT POR PAÍS.....	57
GRÁFICO 5 – ESTIMATIVA DO VALOR ADICIONADO PELO NT – US\$ BILHÕES ..	57
GRÁFICO 6 – RECEITA TOTAL ESTIMADA DOS PRODUTOS CONTENDO NT POR ÁREA – US\$ MILHÕES .....	58
GRÁFICO 7 – PROPORÇÃO DO GASTO EM P&D NA ÁREA EM RELAÇÃO AO TOTAL NACIONAL.....	61
GRÁFICO 8 – GASTO GOVERNAMENTAL EM P&D EM NT POR PAÍS – US\$ MILHÕES .....	61
GRÁFICO 9 – GASTOS CORPORATIVOS COM P&D EM NT POR PAÍS – US\$ MILHÕES .....	62
GRÁFICO 10 – EVOLUÇÃO DOS APORTES DE FUNDOS DE <i>VENTURE CAPITAL</i> – US\$ MILHÕES .....	63
GRÁFICO 11 – PATENTES EM NANOTECNOLOGIA DEPOSITADAS POR RESIDENTES NO BRASIL ENTRE 2004 E 2009 POR TIPO DE ATOR.....	75
GRÁFICO 12 – GASTOS NACIONAIS EM P&D EM NANOTECNOLOGIA DOS PAÍSES SELECIONADOS E GASTOS PER CAPITA NA ÁREA .....	77
GRÁFICO 13 - FONTES DOS RECURSOS PARA O FOMENTO À NT NO BRASIL .....	88
GRÁFICO 14 – EVOLUÇÃO DOS GASTOS EM NT DO MCTI NOS PPAS – R\$ DE 2014 .....	89
GRÁFICO 15 – PROJETOS IMPLEMENTADOS E CANCELADOS NA SEI EM NT ...	109
GRÁFICO 16 – VALORES CONCEDIDOS PELA SEI E VALORES TOTAIS DESSES PROJETOS POR ANO – R\$ MILHÕES.....	110
GRÁFICO 17 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO E VALOR MÉDIO TOTAL NO TEMPO DOS PROJETOS EM NT – EM R\$ MILHÕES .....	111
GRÁFICO 18 – PROPORÇÃO DOS PROJETOS E RECURSOS DA SEI PARA NT .....	112
GRÁFICO 19 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PROJETOS BENEFICIADOS NO ICT-E .....	119
GRÁFICO 20 – EVOLUÇÃO DO VALOR IMPLEMENTADO NO PROGRAMA ICT-E – R\$ MILHÕES.....	120
GRÁFICO 21 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR PROJETO DO ICT-E – R\$ MIL..	121
GRÁFICO 22 – PROJETOS IMPLEMENTADOS E CANCELADOS EM NT NO PROGRAMA RHAЕ .....	124
GRÁFICO 23 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE BOLSAS SOLICITADAS, IMPLEMENTADAS E DO NÚMERO MÉDIO DE BOLSAS POR PROJETO EM NT ...	125

GRÁFICO 24 – EVOLUÇÃO DO VALOR SOLICITADO, IMPLEMENTADO E MÉDIO CONCEDIDO POR PROJETO EM NT – R\$ MILHÕES.....	126
GRÁFICO 25 – PROPORÇÃO DAS BOLSAS, VALORES E PROJETOS DA RHA E EM NT .....	127
GRÁFICO 26 – NÚMERO DE PROJETOS APROVADOS EM NT NOS TRÊS PROGRAMAS ENTRE 2003 E 2013 .....	130
GRÁFICO 27 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS EM NT NOS TRÊS PROGRAMAS .....	131
GRÁFICO 28 – EVOLUÇÃO DOS RECURSOS CONCEDIDOS POR PROGRAMA – R\$ MIL .....	132
GRÁFICO 29 – PROPORÇÃO DOS RECURSOS CONCEDIDOS POR PROGRAMA ..	133
GRÁFICO 30 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR PROGRAMA – R\$ MIL .....	134
GRÁFICO 31 – NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS POR CATEGORIA DE USO.....	141
GRÁFICO 32 – VALORES CONCEDIDOS POR SUBCATEGORIA DE USO.....	142
GRÁFICO 33 – VALOR MÉDIO POR PROJETO CONCEDIDO POR SUBCATEGORIA DE USO – R\$ MIL .....	143
GRÁFICO 34 – PROPORÇÃO DOS PROJETOS POR CATEGORIA DE USO .....	146
GRÁFICO 35 – PROPORÇÃO DE RECURSOS CONCEDIDOS POR CATEGORIA DE USO.....	147
GRÁFICO 36- NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS POR CATEGORIA DE USO E PROGRAMA DE FOMENTO .....	149
GRÁFICO 37 – VALORES CONCEDIDOS PELOS PROGRAMAS CONFORME AS CATEGORIAS DE USO – R\$ MILHÕES.....	150
GRÁFICO 38 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE EMPRESAS BENEFICIADAS NOS TRÊS PROGRAMAS .....	155
GRÁFICO 39 – NÚMERO DE PROJETOS POR PROGRAMA E DE EMPRESAS BENEFICIADAS CONFORME OS ESTADOS .....	156
GRÁFICO 40 – VALORES CONCEDIDOS POR PROGRAMA POR ESTADO - R\$ MIL .....	157
GRÁFICO 41 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO PELO PROGRAMA SEI POR ESTADO – R\$ MILHÕES.....	159
GRÁFICO 42 – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR CONCEDIDO PELOS TRÊS PROGRAMAS POR REGIÃO DO BRASIL .....	160
GRÁFICO 43 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR ESTADO – R\$ MILHÕES .....	161
GRÁFICO 44 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PROJETOS POR CATEGORIA DE USO.....	169

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PREVISÃO DOS SETORES MAIS IMPACTADOS PELA NT E PRINCIPAIS ÁREAS DA NT POR SETOR IMPACTADO NO BRASIL.....	69
QUADRO 2 – EMPRESAS ENVOLVIDAS EM NT POR SETOR DE ATIVIDADE PRINCIPAL .....	74
QUADRO 3 – PRIMEIRAS INICIATIVAS DE FOMENTO À NANOTECNOLOGIA NO BRASIL.....	79
QUADRO 4 – FICHA DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES DAS EMPRESAS COM PROJETOS CONTENDO NT.....	93
QUADRO 5 – FONTES DAS INFORMAÇÕES DAS FICHAS DAS EMPRESAS.....	94
QUADRO 6 – VARIÁVEIS, FONTES E INDICADORES DA PESQUISA.....	96
QUADRO 7 – RESUMO DAS CHAMADAS DA SEI QUE MENCIONARAM NT .....	104
QUADRO 8 - RESUMO DAS CHAMADAS DO PROGRAMA ICT-E QUE MENCIONARAM NT .....	113
QUADRO 9 – RESUMO DAS CHAMADAS DO ICT-E QUE NÃO MENCIONAM NT NA CHAMADA, MAS POSSUEM NT EM SEUS RESULTADOS .....	118
QUADRO 10 – RESUMO DAS CHAMADAS DO PROGRAMA RHA E QUE MENCIONARAM NT.....	122
QUADRO 11 – SUBCATEGORIAS DE USO IDENTIFICADAS DOS PROJETOS IMPLEMENTADOS .....	136
QUADRO 12 – CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS IMPLEMENTADOS .....	144
QUADRO 13 – PRINCIPAIS GRUPOS DE ATIVIDADES DAS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS SEGUNDO A CNAE 2.0.....	145
QUADRO 14 – TEMAS PRIORIZADOS NAS CHAMADAS E CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS .....	148
QUADRO 15 – FICHA DE REGISTRO DAS INFORMAÇÕES DAS EMPRESAS .....	154
QUADRO 16 – CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS, SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL E NÚMERO DE PROJETOS POR SETOR DE ATIVIDADE .....	172

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – EVOLUÇÃO DAS EMPRESAS ENVOLVIDAS EM NT NO BRASIL .....	73
TABELA 2 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS EMPRESAS INOVADORAS COM ATIVIDADES EM NT EM RELAÇÃO AO TOTAL DE INOVADORAS ENTRE 2012 E 2014 POR FAIXA DE PESSOAL OCUPADO .....	74
TABELA 3 – EVOLUÇÃO DO PROGRAMA SEI NOS ANOS CONTENDO PROJETOS EM NT .....	100
TABELA 4 – NÚMEROS DO RHA E PESQUISADOR NA EMPRESA .....	102
TABELA 5 – NÚMERO DE PROJETOS E VALORES CONCEDIDOS PELOS PROGRAMAS CONFORME AS SUBCATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS .....	139
TABELA 6 – UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAS DE APOIO PELAS EMPRESAS INOVADORAS COM ATIVIDADES EM NT .....	152
TABELA 7 – ESTADOS BENEFICIADOS E SUAS PARTICIPAÇÕES.....	158
TABELA 8 – IDADE DAS EMPRESAS COM PROJETOS EM NANOTECNOLOGIA NOS PROGRAMAS .....	162
TABELA 9 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS, PROJETOS E VALORES CONFORME OS SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL DAS EMPRESAS BENEFICIADAS.....	163
TABELA 10 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS E SEUS PROJETOS POR SETOR ECONÔMICO .....	165
TABELA 11 – USO COMBINADO DOS PROGRAMAS PELAS EMPRESAS .....	166
TABELA 12 – EMPRESAS COM MAIOR NÚMERO DE PROJETOS BENEFICIADOS	167
TABELA 13 – DISTRIBUIÇÃO DAS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS POR ESTADO .....	169
TABELA 14 – DISTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS POR ANO DE FUNDAÇÃO DAS EMPRESAS E CATEGORIAS DE USO .....	171



## LISTA DE SIGLAS

ABDI	Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C&T	Ciência e Tecnologia
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNTEC	Fundo Tecnológico
FUNTELL	Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
IBN	Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
ICT-E	Subvenção à inovação de associação entre ICTs e empresas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Intelectual
ISIC	International Standard Industrial Classification
LED	Light Emission Display
MPEs	Micro e Pequenas Empresas
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações
NBIC	Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Sciences
NDR	Nanotechnology Research and Development Act
NEM	Nanoelectromechanical System
NNI	National Nanotechnology Initiative
NNP	National Nanotechnology Program
NT	Nanotecnologia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OLED	Organic Light Emission Display
ONU	Organização das Nações Unidas
PPA	Plano Plurianual
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBM	Plano Brasil Maior
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PINTEC	Pesquisa de Inovação
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNN	Programa Nacional de Nanotecnologia
PTE	Paradigma Tecnoeconômico
RHAE	Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas
SEI	Subvenção Econômica à Inovação
SI	Sistema de Inovação
SisNANO	Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia
SNI	Sistema Nacional de Inovação
TPG	Tecnologia de Propósito Geral
TI	Tecnologia da Informação
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E POLÍTICAS DE FOMENTO .....</b>	<b>24</b>
2.1. INÍCIO DOS DEBATES E AS TECNOLOGIAS DE GRANDE POTECIAL .....	24
2.1.1 Origens do debate.....	24
2.1.2 Tecnologias de amplo potencial socioeconômico.....	26
2.2 AS CONCEPÇÕES E A INTERVENÇÃO PÚBLICA NO FOMENTO À INOVAÇÃO.....	29
2.2.1 A concepção linear e as falhas de mercado .....	30
2.2.2 A concepção sistêmica da inovação e os problemas sistêmicos de inovação .....	35
2.2.3 A Política de Inovação .....	39
2.3 OS INSTRUMENTOS DE FOMENTO .....	42
2.3.1 Os instrumentos de fomento à inovação nas empresas .....	43
2.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	45
<b>3. NANOTECNOLOGIA E POLÍTICA DE FOMENTO .....</b>	<b>47</b>
3.1 ASPECTOS TÉCNICOS DA NANOTECNOLOGIA.....	47
3.1.1 Definições iniciais e técnicas de produção da NT .....	47
3.1.2 Nanotecnologia e nanociência .....	48
3.1.3 Histórico de desenvolvimento da área .....	49
3.1.4 Principais características da nanotecnologia .....	50
3.2 ESTÁGIO ATUAL, PROMESSAS E IMPACTOS DA NANOTECNOLOGIA .....	52
3.2.1 Panorama da nanotecnologia no mundo.....	53
3.2.2 Tendências, promessas, desafios e impactos da nanotecnologia .....	64
3.2.3 Panorama e impactos esperados da NT no Brasil .....	68
3.3 POLÍTICA DE FOMENTO À INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA .....	76
3.3.1 Iniciativas pioneiras no mundo e sua evolução .....	76
3.3.2 O início das discussões e a evolução da política de promoção da nanotecnologia no Brasil .....	79
3.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	90
<b>4. A TRAJETÓRIA DOS INSTRUMENTOS DE FINANCIAMENTO NA NANOTECNOLOGIA E O PERFIL DOS PROJETOS APROVADOS.....</b>	<b>91</b>
4.1 METODOLOGIA.....	91
4.2 A NANOTECNOLOGIA E OS PROGRAMAS DE FOMENTO À INOVAÇÃO .....	96
4.2.1 Os programas de fomento.....	96
4.2.2 A nanotecnologia na SEI .....	103
4.2.3 A nanotecnologia no ICT-E.....	113
4.2.4 A nanotecnologia no programa RHAE .....	122
4.2.5 Tendências da política de fomento à nanotecnologia a partir dos três programas .....	127
4.3 ÁREAS DE APLICAÇÃO DOS PROJETOS .....	135

4.5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	150
<b>5. AS EMPRESAS BENEFICIADAS.....</b>	<b>152</b>
5.1 O PERFIL DAS EMPRESAS BENEFICIADAS .....	152
5.2 PADRÕES DE USO DOS PROGRAMAS .....	166
5.4 O PERFIL DAS EMPRESAS E AS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS.....	168
5.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	176
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>177</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>182</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A inovação é vista como um dos principais motores da mudança econômica, incentivando e difundindo o progresso técnico, tendo o potencial de melhorar os bens e serviços ofertados à sociedade. Em uma economia capitalista, esse processo inovativo é realizado principalmente por firmas em sua busca pela diferenciação de produtos e serviços e, com isso, a obtenção de lucros temporários acima dos normais (SCHUMPETER, 1982).

Apesar dos efeitos sociais benéficos do avanço tecnológico, bem como dos lucros privados supranormais, a literatura aponta uma série de características do processo inovativo que podem dificultar a inovação em economias de mercado, seja pela natureza do conhecimento, problemas de financiamento, de instituições ou de interações entre os atores (HALL; LERNER, 2010; WIECKZOREK; HEKKERT, 2012). De modo a auxiliar as empresas nessa tarefa, os Estados Nacionais podem fazer uso de variados instrumentos de fomento à inovação tecnológica. Weisz (2006) divide os instrumentos voltados ao apoio da inovação nas empresas em dois conjuntos: os técnicos, como provisão de infraestrutura de pesquisa e de direitos de propriedade industrial, e os financeiros. Este trabalho foca nesses últimos. Os financeiros podem ser divididos em instrumentos reembolsáveis, nos quais os recursos deverão ser devolvidos e os não reembolsáveis, para os quais o aporte do governo não tem retorno. Os instrumentos financeiros não reembolsáveis podem ser destinados diretamente a projetos de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D das empresas, a chamada subvenção econômica à inovação; ao financiamento não reembolsável de projetos de associações entre Institutos de Ciência e Tecnologia - CTs e empresas ou através de bolsas para pesquisadores engajados em P&D nas empresas no Brasil.

A importância do fomento é ainda mais destacada para tecnologias com potencial de alterar e criar variados setores e que estejam ainda no início do seu ciclo de desenvolvimentos (PEREZ, 2009; HELPMAN; TRAJTENBERG, 1994). Mazzucato (2011b) aponta que o papel do Estado nessas tecnologias de grande impacto raramente ficou restrito ao apoio no financiamento da P&D e a criação de condições adequadas que estimulem a inovação, mas foi mais ativo, até mesmo empreendedor, prevendo o espaço de oportunidades de avanço da tecnologia, se engajando na pesquisa inicial mais arriscada e supervisionando o processo de comercialização posterior.

Atualmente, uma das tecnologias emergentes consideradas de maior potencial para causar mudanças sociais e econômicas é a Nanotecnologia - NT. Martins e Braga (2010) a



definem como a manipulação de moléculas e nanoestruturas para fins aplicados. Drechsler (2009) defende que a NT pode se tornar a tecnologia líder de uma revolução tecnológica que está por vir, estando ela ainda no estágio inicial de desenvolvimento.

A primeira grande iniciativa de fomento na área ocorreu no ano 2000, com o lançamento da *National Nanotechnology Initiative* – NNI em janeiro de 2000 nos EUA. Roco (2011) argumenta que o objetivo inicial dessa iniciativa era o avanço no conhecimento básico sobre a matéria de modo a possibilitar desenvolvimentos aplicados da nanotecnologia no futuro. Essa iniciativa foi logo seguida por outros países desenvolvidos e hoje mais de 60 países possuem programas nacionais em nanotecnologia.

Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) reconstroem a trajetória da nanotecnologia na política de ciência, tecnologia e inovação do Brasil e destacam que as primeiras discussões no país começaram em 2000, mesmo ano do lançamento da NNI nos EUA. As primeiras medidas concretas ocorreram entre 2001 e 2003, focadas no fomento à pesquisa básica mediante a formação de redes de pesquisa. Quanto ao fomento para as empresas, os autores destacam as chamadas cooperativas entre ICTs e empresas da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP a partir de 2004 e a Subvenção Econômica à Inovação – SEI para as empresas a partir de 2006.

O presente trabalho foca na política de inovação em nanotecnologia a partir dos instrumentos de financiamento não reembolsáveis. Nos últimos anos, alguns estudos foram realizados sobre o papel e a evolução desses programas no fomento à nanotecnologia no Brasil. Dentre eles, destaca-se Peixoto (2011) que analisa a subvenção econômica à nanotecnologia através das chamadas do Programa SEI da FINEP. Ele conclui que o instrumento é insuficiente, sem integração com outros e que a estratégia na área é descontínua e mal definida.

Em um trabalho posterior, Peixoto (2013) destaca a falta de continuidade na política de fomento à nanotecnologia como área prioritária, apontada pela falta de menções explícitas no programa de fomento Fundo Tecnológico – FUNTEC do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES e pelas descontinuidades na priorização da NT nas chamadas da Subvenção da FINEP. O autor destaca ainda a falta de seletividade dessa política que tendeu a considerar a NT um conjunto de tecnologias homogêneas, não mirando assim em temas específicos da mesma que possam ser mais promissores para o país.

Outro trabalho relacionado é o de Gordon (2010), que estuda a política de NT do período de 2004 a 2008, analisando os editais dos programas de Subvenção Econômica e Financiamento Não Reembolsável a associações entre ICTs e empresas – ICT-E, ambos da

FINEP, assim como o perfil das empresas receptoras de recursos. Seu foco foi no Programa Nacional de Nanotecnologia - PNN (2004-2008) e em como suas estratégias foram articuladas. Dentre suas principais conclusões está o diagnóstico, assim como em Peixoto (2011) e (2013), de que houve uma falta de continuidade e seletividade da política de inovação em NT no período, bem como de que as medidas foram muito gerais e baseadas em uma concepção linear da inovação, priorizando quase que somente as atividades de P&D.

Uma série de perguntas emerge ao se pesquisar uma política de fomento tecnológico estratégica, tais como: Quais os temas prioritários escolhidos dentro dessa área? Qual a evolução dos valores investidos? Há continuidade nos instrumentos para sustentar uma política de inovação na área? Quais aplicações foram mais favorecidas nos projetos? Qual a distribuição setorial e espacial desses recursos e o perfil das empresas beneficiadas? É possível diferenciar padrões de uso dos instrumentos entre as empresas? A fim de investigar essas questões, o seguinte objetivo geral é proposto para essa dissertação:

Reconstruir e analisar a evolução da política de fomento à nanotecnologia em termos de continuidade, seletividade e volume de recursos em três programas de financiamento não reembolsáveis, a Subvenção Econômica à Inovação da FINEP, o financiamento não reembolsável a projetos de ICTs em associação com empresas da FINEP e o programa de bolsa para pesquisadores inseridos em P&D nas empresas o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas - RHAE do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. Assim como analisar as categorias de uso dos projetos aprovados, o perfil das empresas e seu padrão de uso desses programas entre os anos de 1999, de criação do primeiro deles, o ICT-E, e o ano de 2016.

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Mapear as menções à NT nos planos, documentos, estratégias e editais de chamada desses programas, buscando os setores, valores e particularidades formuladas para essa tecnologia de modo a avaliar sua continuidade e seletividade;
- Identificar os projetos de P&D beneficiados, seus valores e características ao mapear os editais de resultado dos programas;
- Definir as áreas de aplicação dos projetos em categorias de uso da NT;
- Delinear o perfil das empresas beneficiadas – setor de atividade principal, idade, estado e origem do capital, assim como seu padrão de uso desses programas.

Esta dissertação avança em relação às contribuições anteriores ao considerar um período de tempo mais longo e um conjunto de instrumentos mais amplos, de modo a verificar se a tese da descontinuidade e fragmentação da política, levantada pelos dois trabalhos anteriores, se sustenta ao longo do tempo. Ademais, esta pesquisa realiza uma caracterização dos projetos aprovados em categorias de aplicação e do padrão de uso e perfil das empresas beneficiadas para esse conjunto mais amplo de projetos e empresas.

Para esse fim, esta dissertação foi dividida em outros cinco capítulos, além dessa introdução. O segundo trata da inovação, sua dinâmica e desafios e o modo de intervenção do Estado na área; mostrando os principais instrumentos atuais de apoio à inovação empresarial existentes no país. O terceiro traz à discussão os aspectos técnicos da NT, assim como suas características, impactos esperados e como o Brasil tem estimulado a inovação na área. O quarto traça a linha do tempo dos editais, assim como analisa a política e as categorias de aplicação dos projetos aprovados. O quinto aborda o perfil das empresas beneficiadas e seu padrão de uso dos programas. Por fim, tecem-se as considerações finais.

## **2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E POLÍTICAS DE FOMENTO**

O objetivo desse capítulo é trazer elementos teóricos que subsidiarão a discussão futura ao longo desse trabalho. Os principais pontos abordados serão: o que é inovação, como ela é gerada, como a inovação transforma o sistema econômico, quais as principais características que permeiam a geração e difusão de inovações na sociedade e como os Estados Nacionais podem estimular esse processo.

### **2.1. INÍCIO DOS DEBATES E AS TECNOLOGIAS DE GRANDE POTECIAL**

Essa seção trata dos primeiros debates em torno da importância da inovação tecnológica e das tecnologias com grande poder de causar mudanças sociais e econômicas.

#### **2.1.1 Origens do debate**

Quando se fala em inovação, um nome se destaca pela sua contribuição ao tema e por seus textos clássicos, o economista nascido no então Império Austro-Húngaro (Morávia, atualmente parte oriental da República Checa) Joseph Alois Schumpeter. Em a “Teoria do Desenvolvimento Econômico” (1982), Schumpeter utiliza o conceito de estado estacionário para descrever uma economia sem mudanças internas, em que as relações econômicas são circulares e sem grandes mudanças. A maioria das mudanças nesse estado imaginário são respostas a choques externos ao sistema econômico (como mudanças políticas e guerras), aos quais a economia se adapta mais ou menos rapidamente. Aqui, as alterações são graduais, cumulativas e quantitativas. Para o autor, essa economia seria a descrita pela escola neoclássica, a teoria econômica dominante em sua época, assim como nos dias de hoje.

Contudo, essa descrição hipotética de uma economia, para o autor, teria pouca validade prática, pois as economias reais sofrem descontinuidades causadas por um impulso interno de transformação: a inovação. As firmas desenvolvem novas combinações de seus recursos de modo a se diferenciar de suas concorrentes na busca por lucros mais elevados, mesmo que temporários (idem).

Para Schumpeter (1982), essas novas combinações ocorrem por meio da introdução de um novo produto ou processo, da abertura de novos mercados ou obtenção de novas fontes de insumos ou novas formas de organização – todas garantidoras de monopólios temporários.

Quando se trata da introdução de produtos ou processos novos ou significativamente melhorados estamos falando de inovações tecnológicas.

Para o autor, a gênese e consolidação de inovações radicais, que criam novos produtos e setores, tornando outros obsoletos, tendem a ocorrer em novas empresas lideradas por empreendedores. Assim, a inovação seria um ato de coragem e vontade de alguns indivíduos com um espírito empreendedor. O crescimento e o desenvolvimento não seriam processos lineares, contínuos e calmos, mas uma sucessão de expansões e crises, com inovações radicais tornando algumas estruturas obsoletas e as substituindo, em um processo de destruição criativa (ibidem).

Schumpeter (1982) critica a teoria econômica tradicional ao questionar o seu foco de análise: este não deveria ser em como o capitalismo administra suas estruturas, mas sim em como ele as destrói e cria - ou seja, a mudança econômica. Critica a ênfase dessa teoria no conceito de equilíbrio e eficiência alocativa (estática), deixando a mudança estrutural em segundo plano. Ainda, o autor considera que o principal meio de concorrência no capitalismo não seria o preço, como geralmente considerado, mas a inovação em sentido amplo.

Szmrecsányi (2006) destaca que houve uma mudança no pensamento de Schumpeter com o tempo: a inovação não partiria mais principalmente de empresários individuais corajosos com base no crédito, mas de firmas já estabelecidas com a inovação institucionalizada em seus departamentos de P&D, tendo como base financeira para seus gastos inovativos os lucros internos acumulados ou recursos vindos do mercado de capitais, em uma situação de acumulação criativa de lucros e conhecimentos dentro das empresas.

O autor explica que para Schumpeter o processo de inovação se dá em três fases correlatas, que podem ser sequenciais ou mesmo simultâneas: a descoberta ou invenção, a inovação e a difusão. A invenção seria um processo exógeno e fora da alçada da economia, enquanto a inovação e a difusão seriam as responsáveis pela introdução e propagação das tecnologias e seus benefícios na economia (idem).

Para Fagerberg (2005), Schumpeter, seguindo a linha de Karl Marx, considerou a competição via avanços tecnológicos como a força que impulsiona o desenvolvimento econômico. Inovações são recompensadas com altas taxas de lucro, que sinalizam para outras firmas a oportunidade de também se beneficiarem desse aumento nos lucros ao imitarem a inovação da pioneira, caso não haja barreiras à entrada.

Nesse sentido, Perez (2009) considera que Schumpeter foi um dos primeiros economistas modernos a colocar a mudança técnica e o empreendedorismo como raízes do crescimento econômico. Contudo, ele considerava a tecnologia, assim como as instituições e

as organizações da economia como fora do domínio da teoria econômica. Ele separa o conceito de inovação, entendida como a introdução comercial de um novo produto ou uma nova combinação, da invenção – que pertenceria ao mundo da Ciência e Tecnologia. A autora ressalta que o universo do tecnologicamente possível é muito maior do que o do economicamente lucrativo ou socialmente aceitável, implicando que as questões econômicas moldam a forma como uma tecnologia é gerada e difundida, não sendo nem a fase da invenção alheia às pressões econômicas.

Segundo Dosi (2000b), a busca, desenvolvimento e adoção de tecnologias em economias de mercado dependem de interações complexas entre fatores internos à firma e sua indústria e fatores externos de mercado, tendências macroeconômicas e políticas públicas. A inovação não advém somente da iniciativa dos indivíduos ou da demanda do mercado, fatores tecnocientíficos e institucionais também impactam e moldam o esse processo.

Inovações envolvem a solução de problemas, considerando propriedades como custo e requerimentos de mercado. Essas soluções não estão disponíveis, mas são custosas e exigem descobertas e criação (idem).

Para Dosi (2000a), empresas alocarão recursos para a exploração e desenvolvimento de oportunidades científicas e tecnológicas ainda não exploradas se esperarem algum benefício econômico líquido de seus esforços. Nesse processo, a introdução de inovações e imitações mudam as condições do mercado ao alterar os custos e a competitividade das firmas. A inovação assim não somente muda os lucros da empresa que a introduz, mas as próprias estruturas e condições do seu mercado e por consequência dos mercados relacionados.

### 2.1.2 Tecnologias de amplo potencial socioeconômico

As tecnologias variam em seu potencial de mudar as estruturas socioeconômicas. De tempos em tempos, surge alguma tecnologia com poder de penetração em variados setores que causa profundas mudanças, devendo assim ser antecipadas e acompanhadas de modo a que os países possam tirar o melhor proveito possível do seu desenvolvimento. Para entender como as tecnologias evoluem e como algumas delas alteram profundamente a estrutura socioeconômica da sociedade, alguns conceitos são necessários.

O primeiro é o de trajetória tecnológica. Dosi (2006b) a define como o padrão de atividade de resolução de problemas (progresso) de uma tecnologia específica no tempo.



Tigre (2006) complementa o conceito, dizendo que uma trajetória engloba a direção tomada em termos de opções técnicas em uma área ao longo do tempo. Conforme evolui, essa trajetória se reforça, excluindo trajetórias alternativas que não são desenvolvidas ou incorporadas pelas empresas.

A busca de novas trajetórias exige novas oportunidades vindas de avanços científicos ou crescentes dificuldades tecnológicas ou econômicas de prosseguir na mesma linha. Esses padrões tecnológicos emergem da interação entre possibilidades conceituais dadas pelo avanço científico, pressões econômicas típicas do capitalismo, como rentabilidade, redução de custos de produção e busca de novos mercados e por variáveis institucionais, tais como políticas públicas e demandas militares, ambas exógenas (DOSI, 2006b).

Perez (2009) defende que o conceito de trajetória tecnológica não se aplica somente ao nível micro, de uma tecnologia específica. Ela pode ser aplicada em nível meso para a evolução dos produtos de uma indústria ou até macro, para conjuntos de indústrias relacionadas, já que tecnologias raramente são isoladas, mas acabam induzindo alterações em outras e demandando mudanças complementares ao longo de suas cadeias produtivas.

A autora, ao estudar essa inter-relação de tecnologias, sugere o conceito de sistema tecnológico – conjunto de tecnologias com desenvolvimento interconectado. As mudanças qualitativas ao longo da trajetória desses sistemas tecnológicos representam novos produtos, serviços ou mesmo novas indústrias inteiras, causando amplos impactos na sociedade quando de sua introdução e difusão (idem).

Outro conceito é o de revoluções tecnológicas, entendidas como o desenvolvimento de uma tecnologia que cause avanços radicais em uma constelação de tecnologias interdependentes, transformando a economia e a sociedade profundamente ao modificar diversos sistemas tecnológicos. Geralmente uma tecnologia com alguma propriedade geral consegue penetrar muitos setores da economia e alterar suas dinâmicas. Essas tecnologias revolucionárias, ao desenvolverem seu potencial e se difundirem pelos setores, criam um novo paradigma tecnoeconômico – PTE. O PTE é o conjunto de melhores práticas em termos de escolha de insumos, métodos, tecnologias, estruturas organizacionais, modelos de negócios e estratégias que vão sendo descobertas ao longo do tempo pelos agentes, dada a mudança estrutural causada pela tecnologia chave (idem).

Nestas revoluções há um ramo guia, que produz um insumo barato de ampla aplicabilidade e os ramos carregadores que são os setores principais que aplicam esse insumo e são os representantes visíveis dessas revoluções. O PTE afeta simultaneamente três áreas: a estrutura de custo relativo, através de seu insumo redutor de custos; o espaço percebido para

inovações futuras, já que a nova tecnologia tem aplicabilidade em outros setores e as práticas organizacionais, onde determina um novo conjunto de métodos e estruturas com desempenho superior às anteriores, dada as mudanças tecnológicas (idem).

Tigre (2006) ressalta que as trajetórias emergidas de um PTE não são somente impulsionadas por fatores científicos e tecnológicos externos. Fatores econômicos e sociopolíticos – qualidade das instituições técnicas e científicas, estratégias do setor privado, formas de estímulos e de financiamento da inovação, etc. ajudam a determinar a direção dessa trajetória, e esses elementos variam conforme os países. Paradigmas tecnoeconômicos são visões idealizadas dos modelos organizacionais e tecnológicos dominantes em um período do tempo e se difundem com velocidade variável conforme o setor e o país, gerando assimetrias e heterogeneidade econômica.

Perez (1992) discorre que as empresas e pessoas acabam reagindo de forma lenta, não linear e desigual às mudanças vindas de uma revolução tecnológica devido à inércia da experiência acumulada e relações de poder existentes. Mudanças institucionais, que poderiam facilitar essas adaptações, costumam ser ainda mais lentas pelas mesmas razões. Assim, países líderes em um paradigma tecnoeconômico de uma tecnologia dominante específica podem demorar mais a responder às mudanças impostas pelo novo que outros por estarem engessados pelo costume e pelas inversões já feitas (idem).

A autora divide o ciclo tecnológico de cada paradigma em quatro fases: período inicial, com conhecimentos disponíveis livremente e algumas aplicações limitadas. As possibilidades ainda são fluídas, sendo o momento chave para a entrada nessa nova tecnologia. A segunda é a fase de crescimento rápido inicial, em que a tecnologia-chave adentra várias outras, com inovações radicais de produto e processo e surgimento de novos setores e sistemas tecnológicos. Cada tecnologia afetada começará uma trajetória tecnológica própria de inovações incrementais ao incorporar essa tecnologia revolucionária, se difundindo assim para as outras empresas da indústria. A terceira fase é de crescimento rápido tardio, com produtos sendo lançados e superados em tempos cada vez menores. Conforme avança e se propaga na estrutura produtiva, o paradigma se fortalece. Com a saturação dos mercados, produtos se padronizam e inovações incrementais começam a causar pequenos e decrescentes aumentos de produtividade, atingindo a maturidade de modo cada vez mais rápido. Essa maturação representa o último estágio da onda tecnológica (idem).

As empresas estabelecidas vão buscando alternativas conforme suas trajetórias tecnológicas vão se esgotando. Assim, há uma sobreposição entre as fases de maturação e a de início do paradigma seguinte nesse período de transição. Nos estágios iniciais e finais, o

conhecimento tende a estar mais acessível, seja porque ainda está sendo construído e está muito fundamentado em conhecimento básico caso se trate do estágio inicial ou porque as patentes expiraram e o conhecimento já está mais acessível para os diferentes agentes (idem).

Grande parte dos conhecimentos científicos e técnicos novos podem ser conseguidos em instituições de pesquisa nessa primeira fase. As fases posteriores de maior crescimento são acompanhadas por uma privatização crescente do conhecimento tecnológico, seja por ganhos de aprendizado, conhecimentos tácitos mais expressivos ou propriedade intelectual (PEREZ, 1992).

Os momentos de transição entre um paradigma e seu sucessor são estratégicos para que os países se posicionem e avancem em seu desenvolvimento ao dominarem a tecnologia emergente. Contudo, as oportunidades de avanço nas transições variam entre países, dependendo do seu nível de desenvolvimento e de suas condições específicas. Países com recursos humanos mais qualificados e domínio de tecnologias já avançadas tendem a ter vantagem nessa absorção. Isso mostra que é necessário possuir certa massa crítica de capacidades e de experiência industrial. Países que possuem históricos e mentalidades protecionistas, com intervenção governamental centralizada e engessada, empresas pouco acostumadas e expostas à competição internacional e sem costume de desenvolverem tecnologias, sempre as tomando prontas e já maduras tendem a ter maiores dificuldades em seguir estratégias de desenvolvimento que aproveitem esses momentos de transição (idem).

A capacidade dos países em reconhecerem essas tecnologias revolucionárias que alteram os paradigmas tecnoeconômicos, assim como sua capacidade de avaliar e mobilizar seus recursos na construção de uma estratégia de fomento adequada são fundamentais para que o país consiga realizar um salto em seu desenvolvimento.

Com base nisso, é possível inferir que nem todas as tecnologias possuem o mesmo potencial, algumas em especial possuem alto poder de penetração em outros setores e devem ser objeto de políticas de fomento estratégico pelos países.

## 2.2 AS CONCEPÇÕES E A INTERVENÇÃO PÚBLICA NO FOMENTO À INOVAÇÃO

A presente seção objetiva discutir as duas concepções existentes sobre o processo inovativo, seus desafios e as formas como os Estados devem agir conforme as mesmas.

### 2.2.1 A concepção linear e as falhas de mercado

Reconhecida a influência da inovação no crescimento econômico e na dinâmica competitiva das firmas, uma concepção de como funciona o processo inovativo foi sendo construída.

A concepção dominante do processo inovativo entre o fim da Segunda Guerra e os anos 1980 foi a linear. Godin (2009) explica que o modelo que dirigiu a política científica dessa época foi o Modelo Linear de Inovação, geralmente ligado ao relatório *Science: The Endless Frontier* (1945) de Vannevar Bush (BUSH, 1945). Os grandes avanços científicos e tecnológicos nos anos de guerra deram suporte à ideia de que deveria haver uma política sistemática de suporte à ciência e tecnologia.

Nessa concepção, a inovação seguiria uma série de etapas sequenciais: pesquisa básica, seguida pela pesquisa aplicada e pelo desenvolvimento experimental, resultando, ao final, em um produto ou processo pronto para ser introduzido no mercado, a inovação tecnológica (idem).

Para o autor, a ligação entre inovação e crescimento econômico tomou a forma de outro modelo linear simples: insumos (recursos e pessoal) geram atividades de pesquisa, que geram resultados (invenções); essas levam a um crescimento econômico e da produtividade ao serem introduzidas e se difundirem nos mercados. A constatação seria óbvia, maior volume de insumos geraria *automaticamente* maiores volumes de invenções, que ao entrarem no mercado levariam a um maior crescimento econômico e bem-estar ao longo do tempo (idem).

Para Costa, Szapiro e Cassiolato (2013), essa concepção considera que as atividades do processo inovativo partem da esfera científica e tecnológica (pesquisa e desenvolvimento), indo posteriormente para a esfera da produção e por fim a do mercado, em etapas sucessivas. As atividades de pesquisa podem ainda ser divididas em duas fases: a pesquisa básica que gera conhecimentos gerais que dão suporte aos avanços na fase seguinte, a pesquisa aplicada, que é voltada para a criação de conhecimentos úteis e aplicados para a criação de uma determinada invenção desejada pelo mercado, complementada com a fase de desenvolvimento experimental.

Segundo Campos (2006), o modelo linear de inovação possui como hipótese básica a *science push*, que considera que avanços no conhecimento científico dão base e levam

automaticamente a desenvolvimentos tecnológicos e a melhorias no bem-estar como consequência.

Assim, dado o caráter benéfico da inovação tecnológica para a economia, a implicação dessa concepção seria a de que a ciência deveria ser estimulada de modo a gerar o maior volume de inovações possíveis. Contudo, as economias de mercado tendem a gerar um nível considerado socialmente ineficiente de inovações por causa de uma série de características do processo inovativo, que justificam assim a intervenção estatal na área, discutidas a seguir.

Hall (1996) diz que o argumento clássico para a intervenção estatal na inovação é o da apropriabilidade. A firma que investiu em inovação não consegue se apropriar completamente dos retornos do seu investimento, já que o resultado é basicamente conhecimento, que pode ser copiado sem grandes custos por outras firmas, desincentivando assim investimentos na área.

Dosi e Nelson (2010) explicam que o conhecimento tecnológico é não rival no uso, significando que o uso por um agente não tira a possibilidade de seu uso por outro simultaneamente. Além de ser não rival, o conhecimento tecnológico é não excludente, pois uma vez aprendido, não se pode excluir seu uso por outro agente, exceto através de mecanismos legais de proteção de direitos de propriedade intelectual, como patentes (NELSON, 2006b). A não rivalidade junto com a não excludência do conhecimento o torna um bem público, fazendo com que o mercado não o ofereça em uma quantidade adequada já que as firmas não conseguem lucrar naturalmente com a sua produção. O desincentivo aos gastos na área é causado pela facilidade com que outra firma pode se aproveitar dos esforços da primeira sem arcar com os custos, levando a um subinvestimento em P&D em relação ao que seria desejável em termos sociais.

Para Higachi (2006), uma forma de lidar com esse problema é a instituição de direitos de propriedade industrial (como patentes), que darão domínio ao inventor quanto ao uso de suas invenções. Assim, a tecnologia se torna um bem semi-público. Ela continua sendo não rival, já que diferentes atores podem usá-la ao mesmo tempo sem gastá-la, mas se torna parcialmente excludente pelas patentes ao penalizar possíveis imitadores. Essa mudança faz com que os gastos privados em P&D na firma tenham justificativa.

Apesar das patentes mitigarem esse problema, pelo menos parcialmente, nem todos os conhecimentos podem ser patenteados. A pesquisa básica produz conhecimentos gerais, como o mapeamento do genoma de uma espécie, que apesar de terem alto retorno social ao possibilitar avanços em pesquisas aplicadas, não são passíveis de patenteamento. Esse fato deu base à ideia de que o Estado deveria assumir o papel de financiar a pesquisa básica, que

serviria de plataforma para avanços nas pesquisas aplicadas e no desenvolvimento experimental executados pelas firmas, essas fases com possibilidade de proteção via patentes (CAMPOS, 2006).

Levando em conta o problema da apropriabilidade mitigado por patentes e a necessidade de financiamento público da pesquisa básica pelo sua não patenteabilidade, uma determinada divisão do trabalho entre empresas, instituições de pesquisa e governos emergiu como a ideal após a Segunda Guerra, fundamentando as políticas de ciência e tecnologia do período até ser contestada na década de 1980.

Segundo Braun (2006), nessa divisão do trabalho, a provisão de recursos para a pesquisa básica seria feita pelo governo, mas a distribuição desses recursos entre as áreas da ciência seria feita pelas instituições de pesquisa de acordo com critérios próprios, assumindo-se assim que essa pesquisa básica levaria automaticamente a aplicações tecnológicas ao longo do tempo. Os governos ainda deveriam garantir os direitos de propriedade industrial, enquanto as empresas se engajariam na pesquisa aplicada e no desenvolvimento experimental e seriam as responsáveis pela introdução das invenções no mercado.

Essa concepção da inovação e sua consequente divisão do trabalho foram contestadas na década de 1980, como será discutido a diante, contudo é importante destacar que mesmo com o problema clássico da apropriabilidade mitigado por um sistema de propriedade industrial eficiente e um Estado financiador da pesquisa básica, a literatura ainda aponta algumas dificuldades das empresas em efetuarem gastos inovativos, dificuldades essas que podem variar conforme o tipo de empresa.

Hall (2005) argumenta que mesmo na ausência de problemas de subinvestimento em inovação causados por problemas de apropriabilidade, algumas características do financiamento dos gastos inovativos fazem com que os mesmos tenham custos elevados. Firms inovativas novas e pequenas arcam com altos custos de capital e mesmo firms grandes e estabelecidas muitas vezes preferem usar recursos internos a recorrer a capital de terceiros, pois há um *gap* entre o custo de financiamento interno e o externo. Isso decorre das informações assimétricas entre as partes e tende a ser mais forte em gastos com inovação, especialmente para empresas novas, que podem ser as mais inovativas e as que prometem os avanços mais radicais.

Corder e Salles Filho (2009) consideram que o financiamento externo tende a se concentrar nas etapas mais avançadas do processo inovador, quando a incerteza atinge níveis aceitáveis. Nas fases iniciais, o investimento geralmente é financiado por fontes internas de recursos e conta com o apoio do governo na forma de subsídios e isenções.

Entre as explicações para esse *gap* entre as fontes de financiamento, Hall e Lerner (2010) trazem a alta proporção de gastos com pessoal nos projetos de P&D. Como a maioria do gasto tende a ser destinada a salários, a firma não acumula tantos ativos tangíveis que possam servir como garantias em caso de fracasso do projeto.

Outras características apontadas pelos autores são: a elevada incerteza quanto aos resultados técnicos e comerciais dos gastos em P&D; assimetrias de informação entre inventores e investidores, em que os primeiros sabem mais do potencial dos projetos que os segundos e podem ter um comportamento oportunista, superestimando os benefícios esperados do projeto de modo a conseguir o financiamento. Assim, investidores externos tendem a exigir uma maior taxa de retorno desses projetos do que a que seria necessária de modo a compensar esse risco comportamental, elevando assim os custos de financiamento e gerando um menor volume de inovação (ibidem).

Por fim, nas empresas modernas tende a haver uma separação entre a propriedade e a administração e assim um possível conflito de interesses pode surgir entre os administradores interessados em maximizar suas bonificações (apostando em projetos de curto prazo ou pouco arriscados e lucrativos) e os proprietários da firma, interessados em maximizar seus ganhos, o que muitas vezes passa pelo investimento em projetos de longo prazo e longa maturação. Tudo isso diminui ainda mais os gastos na área (ibidem).

Hall (2005) comenta que a abertura de informações dos projetos acaba não servindo para diminuir o problema de assimetria de informações entre investidores e inventores porque isso facilitaria a imitação dessa inovação pelas firmas competidoras e as tornariam conscientes das estratégias competitivas da pleiteante do financiamento.

Uma forma de mitigar esses problemas seria através de fundos de *Venture Capital* – VC (capital de risco). Esses fundos especializados aplicam em empresas emergentes de alto risco e retorno, buscando desinvestir quando elas amadurecem e seu retorno e risco ficam menores. A estratégia desses fundos para diminuir os riscos é acompanhar as decisões da administração das empresas de perto, trabalhando em uma rede de indicações e tendo relacionamentos próximos à gerência. Apesar do potencial desses fundos, especialmente para firmas nascentes, a maioria dos países não possui uma indústria de VC desenvolvida por várias razões. Uma delas é a fraqueza dos mercados de ações de alguns países, o que dificulta a abertura de capital das firmas conforme elas atingem seu nível de maturidade e o fundo deseja desaplicar em busca de novas oportunidades mais lucrativas (HALL, 2005).

Os problemas da apropriabilidade e financiamento dos gastos em inovação podem ser encaixados como falhas de mercado. Essa ótica das falhas de mercado é útil para uma

concepção linear da inovação. Contudo, há uma série de críticas a essa visão e uma nova concepção acabou emergindo nos anos 1980.

A primeira crítica ataca a noção de que a inovação segue uma série de etapas sucessivas. Campos (2006) destaca que essa concepção linear tende a pensar o fluxo de conhecimentos como unidirecional, da pesquisa para a inovação, dando pouca importância para o feedback das etapas de comercialização no direcionamento da pesquisa, ignorando especialmente a importância da interação entre os fornecedores e usuários da tecnologia. Há feedbacks entre os diferentes momentos do processo inovativo, que é interativo e moldado por relações diversas.

Kline e Rosenberg (1986) reforçam ao falarem que a inovação depende não somente da ciência, mas da interação complexa entre fatores tecnocientíficos, de mercado e institucionais.

Complementando essas críticas à linearidade e ao simplismo da concepção linear, têm-se as mudanças no papel percebido e requerido dos atores no processo inovativo. Braun (2006) ressalta que nos anos 1980 e 1990 houve uma mudança de visão, que passou a atribuir ao governo um papel mais ativo no direcionamento da pesquisa básica. Entre os principais fatores explicativos dessa mudança estavam: a pressão por causa dos problemas econômicos dos choques do petróleo e da queda de produtividade dos países desenvolvidos, novos desenvolvimentos na teoria econômica que traçaram uma ligação próxima entre inovação tecnológica e crescimento econômico e o sucesso da política industrial japonesa, com um modelo diferente de intervenção, ativo e focado no aprendizado tecnológico.

As mudanças na teoria econômica do período surgiram como uma crítica à teoria dominante, a neoclássica. Para Dosi e Nelson (2000), as falhas dessa teoria baseada em agentes perfeitamente racionais em explicar alguns fenômenos evidentes, como os diferentes caminhos que a mudança econômica pode tomar e a persistência do diferencial de renda per capita entre países fomentou a retomada dos estudos sobre a inovação e sobre Schumpeter por parte dos economistas neo-schumpeterianos e evolucionários (POSSAS, 2002).

Para Costa (2016), a teoria neoclássica não enxerga um lugar para o Estado na vida econômica, a não ser corrigindo falhas do mercado. Essa visão acredita que a atuação do Estado nos mercados tende a distorcer os preços relativos e interferir na alocação eficiente de recursos na sociedade. A admissão da ação desse ente se deve a fatores externos ao funcionamento econômico e deve se ater a construir as condições para que o mercado se aproxime da concorrência perfeita, a situação de maximização do bem-estar coletivo segundo essa teoria. A situação de concorrência perfeita é tomada como o *benchmark*, um guia



normativo a orientar as ações públicas. Essa visão das falhas de mercado enxerga assim a inovação ainda como externa ao sistema econômico, sendo inadequada para sua compreensão.

Braun (2006) reforça que além de tudo isso, a emergência de novas tecnologias como as TICs e a biotecnologia, mais dependentes de avanços científicos e inseridas em mercados que demandam uma geração de tecnologias cada vez mais ágil, exigiram uma maior proximidade entre as empresas e as instituições de pesquisa. O governo acabou assumindo assim dois papéis: o de ‘direção’ ao identificar campos tecnológicos relevantes e mais promissores e o de ‘estruturação’ ao criar a infraestrutura necessária e remover os obstáculos para uma cooperação mais próxima entre a academia e a indústria. Essa busca ativa por áreas promissoras, projetos de pesquisa colaborativos entre indústria e academia e um papel ativo do governo se tornaram o novo modelo de organização das políticas de ciência e tecnologia - C&T.

Dado o exposto, nota-se que apesar da concepção linear da inovação trazer importantes *insights* sobre o processo inovativo, ela falha ao simplifica-lo demais e ao sugerir uma política de C&T muito passiva. Aperfeiçoamentos desse modelo devem considerar os variados feedbacks entre os momentos da inovação, o papel das instituições e das interações, assim como novas formas de intervenção visando à promoção da inovação.

### 2.2.2 A concepção sistêmica da inovação e os problemas sistêmicos de inovação

A emergência de um novo modo de se ver o processo inovativo começou na década de 1980, em parte pelas críticas apontadas acima e também pelo reconhecimento crescente do caráter interativo e coletivo da inovação e da influência diferenciada dos múltiplos arranjos institucionais possíveis no processo inovativo.

O conceito central é o de Sistema de Inovação – SI, mais conhecido em sua versão específica de Sistema Nacional de Inovação – SNI. Shariff (2006) traz uma revisão histórica do surgimento do conceito, assim como destaca os diferentes entendimentos existentes ao longo do tempo até hoje sobre o que significa um sistema de inovação. Certo consenso para o conceito de Sistema Nacional de Inovação foi sendo criado a partir de uma reação contrária às políticas ortodoxas do momento (neoliberalismo), ao contexto geopolítico amplo da globalização e através ligações estratégicas entre a academia e os *policy makers*. Segundo o autor, o conceito teria surgido ao mesmo tempo na academia e na política pública, pois seus autores iniciais, como Freeman e Lundvall transitavam pelos dois ambientes.

Edquist (2005) explana que os sistemas de inovação compreendem todos os determinantes do processo inovativo e suas relações, sejam eles fatores econômicos, sociais, políticos, organizacionais ou institucionais que influenciam de alguma maneira o desenvolvimento, difusão e uso de inovações. Seus constituintes são seus componentes: organizações, representadas pelas empresas e pelas organizações que não são empresas e pelas instituições, que regem o comportamento dos atores, incentivando ou desincentivando determinadas condutas, entre elas as políticas públicas.

Peters (2006) diz que essa concepção enxerga a inovação como fruto da interação entre atores heterogêneos – firmas, universidades, centros de pesquisa, governos, sistema financeiro, etc., que possuem relações técnicas, comerciais, legais, sociais ou financeiras entre si e que são constrangidos e incentivados por uma estrutura de instituições. Todos os fatores são específicos no espaço e no tempo.

Para Bruland e Mowery (2005), nessa visão questões como o potencial de comunicação e interação se tornam centrais. A estrutura do sistema pode facilitar padrões de interação entre atores e seus resultados, assim como dificultar. Os componentes possuem forte complementaridade e a falta de um deles pode prejudicar ou até mesmo bloquear o sistema.

Uma diferença em relação à concepção anterior, segundo Cassiolato e Lastres (2005), é que nessa abordagem se enfatiza o caráter localizado da inovação e que as características das esferas produtivas, financeiras, sociais, institucionais e políticas interferem no processo inovativo. Assim, sistemas podem seguir trajetórias virtuosas que se retroalimentam ou outras de baixa produtividade e crescimento.

Soete, Verspagen e Ter Weel (2010) concluem que essa teoria sistêmica considera o que emerge em termos de inovação em nível agregado como resultado de um processo interativo, com variados atores em nível micro e com interações que não são guiadas somente pelas forças de mercado, mas também por instituições que não o mercado. A boa interação entre os elementos daria um impulso à capacidade inovativa do país em direção a uma maior competitividade e a um caminho de crescimento sustentável. Um fator essencial nisso seria a confiança nas relações e instituições, sendo as falhas na interação entre os atores os maiores responsáveis pelos problemas na inovação. Luna *et al.* (2003) reforçam que o desempenho inovativo do sistema não depende somente do volume de recursos financeiros gastos, mas de como os componentes interagem.

As implicações dessa concepção para a forma de ação do governo na inovação são diferentes das obtidas a partir de uma concepção linear. Não se trata somente da falta de recursos para gastos inovativos ou falta de apropriabilidade, mas também do estímulo à

formação de redes de interação entre atores heterogêneos e a mudanças em suas condutas em relação à inovação. A inovação é não linear, complexa e aspectos qualitativos importam no seu processo (BRULAND; MOWERY, 2005).

Edquist (2011) destaca que o conceito de sistema de inovação ajuda a entender a complexidade da inovação ao olhar os padrões de interação e de colaboração entre os atores e ao enxergar a divisão do trabalho entre organizações públicas e privadas nesse processo. Um exemplo seria a atividade de provisão de P&D para o sistema. O balanço entre público e privado nessa atividade varia entre os sistemas, seja em termos de execução da P&D (se empresas privadas ou instituições de pesquisa públicas a realizam), seja no financiamento desses gastos (P&D pública, programas de fomento às empresas, P&D privada). O ente público pode influenciar a intensidade e a direção da P&D utilizando variados instrumentos conforme seu interesse. Destaca-se assim a tênue e variada divisão do trabalho presente nas atividades inovativas entre os países, ajudando a entender o papel e o potencial transformador do governo nesses sistemas de inovação.

Toda ação pública que impacte alguma atividade relacionada ao processo inovativo pode ser considerada parte da política de inovação. Edquist (2011) acredita que o foco da política nessa ótica deva ser em como aumentar a adaptabilidade do sistema de modo a gerar um ambiente que conduza as firmas à adaptação via inovações nesse mundo dinâmico e à exploração eficiente das oportunidades surgidas.

Mazzucato (2011c) complementa ao dizer que o governo não somente ajuda na geração de conhecimento, mas também na mobilização de recursos, permitindo a difusão de conhecimento e inovações entre os setores, fortalecendo ou criando novas redes de atores.

Ainda nesse sentido e considerando o papel central das interações entre os atores, Cassiolato e Lastres (2005) argumentam que a frequência e intensidade das relações de cooperação das empresas, seja com outras empresas ou instituições de pesquisa, dependem e podem ser afetadas pelas políticas públicas, inclusive, mas não limitadas às políticas voltadas para ciência e tecnologia. Essa constatação da importância da interatividade dos atores dá suporte para iniciativas e instrumentos de fomento à inovação cada vez mais focados no estímulo à formação e fortalecimento de redes de atores, seja entre empresas ou entre empresas e outras organizações, inclusive, mas não somente as de pesquisa. Contudo, essas políticas complementam, mas não substituem as tradicionais de apoio à infraestrutura científica e tecnológica.

Essa concepção da inovação faz enxergar os obstáculos no processo inovativo de forma diferente em comparação com a ótica linear. Não são falhas, mas características do processo que *podem* fazer com que a inovação não seja gerada na intensidade desejada .

A concepção sistêmica, marcada pelo caráter interativo da inovação e pela importância das instituições não baseadas no mercado, conforme destacado por Soete, Verspagen e Ter Weel (2010), faz com que os problemas nessa visão sejam em grande parte causados pela falta de coordenação entre os atores. As questões de apropriabilidade do conhecimento e de financiamento dos gastos inovativos ainda possuem importância, mas são enxergadas como características naturais do processo inovativo, sendo complementadas com possíveis problemas nas interações entre atores e problemas institucionais.

Wieckzorek e Hekkert (2012) fazem uma tipologia desses problemas nessa concepção, os chamados problemas sistêmicos de inovação a partir dos seguintes elementos do sistema: atores (organizações, sejam firmas ou não), instituições, infraestrutura e interações.

Os problemas seriam de:

Atores: falta de atores relevantes ou de capacidade dos mesmos (de competência, capacidade para aprender, de identificar necessidades e oportunidades, etc.);

Ex: falta de um núcleo de empresas que já tenham inovado e incorporado esse elemento em suas estratégias.

Instituições: ausentes ou de qualidade inadequada, podendo ser muito fortes (direitos de propriedade industrial muito amplo, restringendo a difusão da inovação) ou muito fracas (falta de políticas públicas de suporte);

Interação: ausência (pelos objetivos diferentes dos atores, problemas de capacidades ou falta de confiança) ou de qualidade, como redes de atores muito fortes (miopia para aprender com atores externos à rede) ou redes muito fracas (por falta de confiança ou outros motivos);

Infraestrutura: pode ser física (ausência de rede de telecomunicações adequada), de conhecimentos ou financeira (falta de fundos de VC). Problemas são de ausência ou de qualidade inadequada.

Pode haver uma sobreposição de problemas entre os elementos nessa taxonomia. A falta de interação entre atores pode ser causada, por exemplo, pela falta de uma instituição de ligação entre universidades e empresas que permita a transferência de tecnologias de modo eficiente. Problemas de falta de infraestrutura financeira, como ausência de um mercado de VC desenvolvido pode ser causado pela falta de instituições que facilitem a abertura de

capital das empresas e assim o desinvestimento desses fundos quando as empresas atingem a maturidade.

### 2.2.3 A Política de Inovação

A política de inovação costuma ser mais ampla do que o entendido pelo senso comum. Edquist (2011) a define como a ação pública que influencia a mudança técnica e a dos outros tipos de inovação. Ela inclui as políticas de P&D, tecnológica, infraestrutura, regionais e de educação, indo além da política de Ciência e Tecnologia. A política de inovação ainda faz parte de um conjunto maior de políticas conhecidas como políticas industriais.

Para Costa (2016), a política de inovação deve promover a criação de novidades no mercado, incentivando a inovação nas empresas já estabelecidas e nas entrantes, de modo a contestar continuamente as práticas e produtos vigentes.

Nesse sentido, a inovação não envolve somente as atividades de P&D e o lançamento de tecnologias de ponta, mas todo processo de mudança e modernização nas empresas, estando assim ligada aos processos de aprendizado. A introdução de uma nova máquina representa uma modernização para uma empresa e uma inovação em seus processos, mesmo que essa tecnologia já tenha sido adotada por todas as outras empresas.

A ênfase que a inovação vem recebendo nas últimas décadas tem gerando um esforço sistemático de compreensão deste fenômeno. Neste sentido, a classificação feita originalmente por Schumpeter (de inovação como introdução de novos produtos, processos, formas de organização e novos mercados) vem sendo aprimorada por diferentes trabalhos, destacando-se os da OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, que tem como esforços mais conhecidos na área o Manual de Frascati de 2013 (OCDE, 2013) que classifica quais atividades são consideradas P&D e o Manual de Oslo (FINEP, 1997), que busca cobrir atividades mais amplas envolvidas em ciência, tecnologia e inovação, além da P&D.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE (2011), esses manuais, especialmente o de Oslo, servem como base conceitual e metodológica para a principal pesquisa sobre inovação do Brasil, a PINTEC<sup>1</sup> – Pesquisa de Inovação.

---

<sup>1</sup> A PINTEC adota uma abordagem do sujeito, com informações obtidas focadas no comportamento, atividades, impactos, incentivos e obstáculos que a empresa enfrenta em seu processo inovativo. O foco é a empresa, não as inovações individuais e a pesquisa concentra-se nas inovações tecnológicas (de produto ou processo) – apesar de incorporar em seu escopo inovações organizacionais e de marketing.

Tendo como base os manuais supramencionados, a PINTEC divide as atividades inovativas das empresas em dois grupos: P&D, que compreende as atividades com o objetivo de aumentar o acervo de conhecimentos visando aplicações em produtos ou processos novos ou substancialmente aprimorados. Além da pesquisa, compreende o desenho, construção e teste de protótipos e instalações-piloto e outras atividades que envolvam um avanço tecnológico ou científico. Ela é dividida em pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Dentro da PINTEC, as atividades de P&D representam um grupo de atividades, havendo as atividades internas de P&D e a aquisição externa de P&D, quando esse conhecimento é comprado de organizações externas à empresa.

O segundo grupo de atividades envolve a: aquisição de outros conhecimentos externos, a aquisição de software, a aquisição de máquinas e equipamentos, treinamento voltado para inovação, as atividades relacionadas à introdução de inovações tecnológicas no mercado e as atividades de projeto industrial e outras preparações técnicas para a produção e distribuição.

A política de inovação tende a focar em atividades inovativas específicas, contudo seus objetivos tendem a ser os mesmos. Para Edquist (2011), eles geralmente são econômicos – crescimento, produtividade, aumento do emprego e competitividade. Mas ela também pode possuir objetivos sociais, militares e ambientais. Pelo longo período de maturação dessas iniciativas, a política de inovação precisa ter objetivos claros e de longo prazo para que seja efetiva e não seja desvirtuada por grupos de pressão.

Fagerberg (2009) menciona que a política de inovação é impactada por outras políticas com outros objetivos, devendo ser analisada em termos de um mix, avaliando sobreposições e contradições. O autor complementa dizendo que um dos problemas que os *policy makers* ainda enfrentam é continuar pensando em ciência e inovação como atividades similares, já que apesar de relacionadas, as duas possuem objetivos, formas de organização e estruturas de incentivos diferentes. A política de inovação deve ser vista além do fomento à P&D.

O conceito de *policy mix* abordado por Magro e Wilson (2013) é interessante para entender a complexidade da política de inovação. Os autores argumentam que as políticas de inovação atuais sofrem influência de variados níveis governamentais – locais, regionais, nacionais e até supranacionais, ainda mais com globalização crescente, com diferentes domínios políticos – regulações, política fiscal, política educacional, entre outras, assim como com a coexistência de duas racionalidades simultaneamente para essa política. A tradicional inspirada na economia neoclássica e no modelo linear de inovação, focada no aumento dos gastos em ciência e tecnologia, com a visão evolucionária e sistêmica, concentrando esforços

na melhoria das instituições e interações entre os atores. Assim, análises mais amplas devem considerar não somente as políticas explícitas na área, mas as que implicitamente afetarão os resultados, assim como o impacto conjunto de todas essas políticas e níveis de governo, já que sinergias ou contradições acabam aumentando ou diminuindo os efeitos da política planejada.

Ainda quanto a esse conceito, Flanagan, Uyarra e Laranja (2011) discorrem que as outras políticas que podem ter efeitos indiretos na inovação devem ser captadas para levarem em conta a complexidade da inovação. Questões como coerência e coordenação das políticas ganham espaço.

Dado o caráter não linear do processo inovativo, a importância dos fatores qualitativos, as falhas na visão dos *policy makers* quanto ao processo e a existência de um mix de políticas que interferem no processo inovativo de maneiras intencionais ou não, o desenho de políticas de inovação efetivas acaba sendo bastante complexo.

Mesmo diante dessas dificuldades e da crise fiscal dos anos recentes, que fortaleceu discursos de cortes de gastos e diminuição da ação do governo como forma de aumentar a eficiência da economia, a área da política de inovação é uma das em que a ação estatal tem sido tolerada em níveis crescentes (MAZZUCATO, 2011a).

A autora discute a ação do Estado na inovação e acredita que o papel percebido pela literatura para esse ator, pelo menos quanto ao fomento de algumas tecnologias, é tímido em relação ao papel efetivamente cumprido. Ignora-se o papel empreendedor que ele executa na criação de redes e de mercados em tecnologias emergentes, especialmente nos estágios prematuros e ainda incertos das mesmas. Nessas tecnologias, o Estado tem atuado como um catalisador, guiando investidores, acendendo a chama inicial na rede de atores que espalhará o conhecimento (idem).

Esse papel empreendedor do Estado é ainda mais relevante para tecnologias com impacto em muitos setores da economia, como as Tecnologias de Propósito Geral - TPGs estudadas à frente. Na história dessas tecnologias, o Estado ajudou não somente no financiamento e na criação de condições adequadas, mas também prevendo o espaço de oportunidades de avanço, se engajando na pesquisa inicial mais arriscada e incerta e supervisionando o processo de comercialização (MAZZUCATO, 2011b).

Um precursor necessário para a efetividade do papel empreendedor do Estado em tecnologias emergentes é já possuir uma economia com atores interconectados por diferentes redes, com feedbacks entre os indivíduos e organizações que possibilitem o compartilhamento do conhecimento e o estímulo ao seu avanço. Em áreas de fronteira do conhecimento, simplesmente ter um sistema de inovação não é o bastante. O Estado através de suas agências

e laboratórios, usando seu poder de compra, criando missões de pesquisa estratégicas e regulações cria e molda os mercados para as inovações e assim impulsiona o avanço tecnológico. Age como um catalisador de mudanças em um sistema já interligado com potencial de disseminar novas ideias rapidamente (idem).

As formas de apoio estatal variam conforme o estágio da tecnologia em seu ciclo, o nível de maturidade do seu conhecimento subjacente e seu potencial socioeconômico. Costa (2016) divide as ações públicas de fomento em dois tipos: *diffusion oriented* que visam o fortalecimento dos agentes em uma dada trajetória ou fronteira tecnológica, estimulando o *catching-up* (alcance) tecnológico e em *mission oriented*, que buscam o desenvolvimento de alguma área de conhecimento ou setor de atividade novo ou ainda a incursão em novos campos. A tecnologia objeto desse estudo, a nanotecnologia, por ser emergente e de grande potencial para causar mudanças sociais e econômicas, pode ter suas políticas de fomento encaixadas nesse segundo grupo.

Mazzucato e Pena (2016) ressaltam que políticas *mission-oriented* devem ser sistêmicas e mirar a fronteira do conhecimento buscando objetivos específicos ou o desenvolvimento da ciência para enfrentar grandes desafios, requerendo assim tanto investimentos privados como públicos. O papel do governo tende a ser ainda mais importante nos estágios iniciais de desenvolvimento de novas áreas, quando o risco ainda é muito alto e iniciativa privada tende a não participar. A inovação é incerta, coletiva, cumulativa, exige paciência e acúmulo estratégico de competências e capacidades por parte dos atores, dependendo assim de uma visão de longo prazo. Com isso, os governos devem garantir que suas políticas tenham continuidade e uma visão de longo prazo de modo a não perder a efetividade da sua política de fomento.

A política de inovação em NT pode ser encaixada como *mission-oriented* já que se trata de uma área de fronteira, que apesar de aproveitar conhecimentos acumulados de áreas tradicionais, cria novas e traz problemas de pesquisa novos. Seu potencial revolucionário (DRECHSLER, 2009) pode levar a mudanças no paradigma tecnoeconômico.

### 2.3 OS INSTRUMENTOS DE FOMENTO

Essa seção explora os principais instrumentos usados pelos Estados na promoção da inovação nas empresas.



### 2.3.1 Os instrumentos de fomento à inovação nas empresas

Os governos podem usar uma grande variedade de instrumentos, com diferentes características no fomento da inovação nas empresas. Para Borrás e Edquist (2013), os instrumentos de fomento visam alterar a intensidade dos esforços inovativos, seja em termos gerais ou para uma categoria específica de inovação, não como objetivo último, mas como um meio para algum objetivo social maior – crescimento econômico, redução da poluição, melhorias na saúde ou segurança, etc.

Steinmuller (2010) argumenta que os instrumentos de fomento à inovação podem ser encaixados em quatro categorias: os focados diretamente nos atores envolvidos na geração de tecnologias (instrumentos diretos) e os instrumentos de oferta complementar (como oferta de educação superior, atuando de maneira indireta) são classificados como instrumentos do lado da oferta, por afetarem as decisões dos produtores de inovações. Há ainda os voltados para o lado da demanda, como subsídios para a adoção de novas tecnologias, compras públicas e políticas de difusão de informações. Por fim, a última categoria engloba políticas que buscam mudanças institucionais, como as que estabelecem novas missões para as organizações públicas ou a criação de instituições complementares que sirvam como ponte entre os atores. Essas duas últimas categorias de instrumentos seguem uma concepção sistêmica da inovação, enxergando os problemas como não somente originados de restrições que dificultam a oferta de inovações, mas também como questões de instituições e interações.

Weisz (2006) faz uma tipologia dos instrumentos de apoio à inovação empresarial. Ele os divide em mecanismos técnicos e mecanismos financeiros. Os técnicos são aqueles que afetam a gestão da empresa, tais como: provisão de infraestrutura de P&D para as empresas, laboratórios de análise, caracterização, calibração e aferição, instituições de certificação, sistemas de metrologia, normalização e qualidade, veículos de difusão tecnológica (bibliotecas, publicações), sistemas de propriedade intelectual, sistemas de importação de tecnologias e mecanismos de política de comércio exterior.

Já os instrumentos financeiros envolvem estímulos pecuniários, podendo ser subdivididos em três subcategorias. A primeira é a dos incentivos fiscais: isenções fiscais ou reduções tributárias para gastos em inovação. A segunda é a dos instrumentos de financiamento à inovação: empréstimos em condições favoráveis, financiamento com participação nos resultados (capital de risco), capital semente, financiamento não reembolsável de projetos cooperativos entre ICTs e empresas e subvenção a empresas, em que

o governo cobre parte dos gastos em projetos de inovação e não cobra nenhum retorno. Esses dois últimos instrumentos são chamados de instrumentos de financiamento não reembolsáveis, enquanto os outros exigem o reembolso dos recursos para o Estado. Por fim, a última subcategoria é a do poder de compra do Estado em produtos inovadores.

Pela tipologia, vê-se que há uma grande variedade de formas de fomento à inovação para as empresas, havendo um foco nos instrumentos no lado da oferta, exceto pelo poder de compra do Estado, que é um instrumento de demanda.

Focando nos instrumentos financeiros de fomento à inovação, Luna *et al.* (2003) dividem-nos em dois grupos: os diretos, representados por financiamentos a juros subsidiados ou subvenções (financiamentos não-reembolsáveis) e os indiretos, que são os subsídios e incentivos fiscais. O primeiro tipo, que será o foco desse trabalho, permite uma focalização maior dos recursos e maior controle de resultados, pois necessitam de um projeto prévio, possibilitando assim a ação seletiva em setores e tecnologias estratégicas. O segundo tipo é extensível a todas as firmas do setor ou da cadeia produtiva, não permitindo maior focalização, uma vez que gastos em P&D são considerados despesas e são dedutíveis para fins de imposto de renda de pessoa jurídica. A capacidade de ação seletiva dos instrumentos de financiamento não reembolsáveis, junto com o fato de que os recursos não precisam ser devolvidos, os fazem ideais para o fomento de tecnologias de alto risco tecnológico e alto impacto socioeconômico. O governo compartilha os custos e riscos com as empresas, as incentivando a entrar em áreas desconhecidas e emergentes.

Para Guimarães (2006), a principal vantagem dos instrumentos financeiros diretos é a possibilidade de uma participação mais efetiva do poder público na orientação do esforço de P&D das empresas, seja no sentido de áreas consideradas prioritárias pelo governo (por exemplo, saúde e defesa), seja no foco em segmentos da economia nos quais o descompasso entre as taxas de retorno privada e social dos projetos de P&D implica um volume de investimento privado inferior ao desejável. Contudo, esse poder discricionário do Estado – que permite à autoridade governamental definir vencedores e perdedores entre os diversos setores econômicos e empresas – constitui também uma das controvérsias associadas a tal política de financiamento. São também apontadas como consequências negativas desse grupo dos instrumentos diretos: a possibilidade de que os recursos públicos destinados a esse financiamento não venham a ampliar os fundos alocados a essa atividade, mas sim a substituir investimentos privados que seriam realizados mesmo na ausência desses recursos públicos (efeito *crowding-out*); bem como as distorções introduzidas no processo de concorrência nos

mercados dos setores beneficiados pelo financiamento, em virtude do favorecimento de alguns concorrentes. Ou seja, o governo escolhe os “vencedores”.

Por fim, Arnold (2004) comenta que o foco tradicional da avaliação de instrumentos de fomento a inovação tem sido a adicionalidade de insumos – quanto de gastos complementares foi induzido pelo financiamento público, ou adicionalidade de produtos – quanto de resultados inovativos foi impulsionado por esses gastos. Mas uma visão evolucionária e sistêmica deve também considerar a adicionalidade comportamental dos instrumentos de fomento – qual a mudança comportamental causada pelo aprendizado foi propulsão pelo gasto público, já que as empresas tendem a inovar próximas às tecnologias já dominadas e nem sempre criam interações com agentes relevantes nesse processo espontaneamente.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Este capítulo teve por intuito demonstrar o papel central e o reconhecimento crescente que a inovação tem tido no entendimento da dinâmica socioeconômica das sociedades modernas.

Ao longo do tempo, a inovação tecnológica tem passado por uma mudança em sua concepção, de uma abordagem linear para uma concepção sistêmica.

A abordagem linear tende a ter uma visão mais mecânica da economia capitalista, sendo relacionada com a teoria neoclássica, ainda dominante na teoria econômica, possuindo assim uma visão limitada do papel do Estado, que deve atuar quando o mercado sozinho não atinge o ótimo social, ou seja, em situações de falha de mercado. As principais falhas destacadas nessa abordagem são as de apropriabilidade e as de financiamento da inovação.

A concepção sistêmica enxerga o processo inovativo como complexo, não linear e repleto de feedbacks. As interações entre os atores, assim como as distintas instituições fazem com que cada sistema de inovação seja único. Os problemas no processo inovativo são variados, mas geralmente estão relacionados com a ausência ou falta de qualidade das instituições e das interações entre os diversos atores.

Os conceitos de revoluções tecnológicas e paradigma tecnoeconômico foram apresentados de forma a destacar o fato de que algumas tecnologias específicas possuem um potencial de transformação e desenvolvimento muito mais significativo que outras e por isso devem ser objeto de estratégias de fomento especiais.

Após a apresentação das diferentes visões do processo inovativo e da importância da inovação, adotou-se a tipologia dos instrumentos de apoio à inovação empresarial de Weisz (2006), que os dividiu em instrumentos técnicos e financeiros, sendo esses últimos ainda divididos em instrumentos fiscais e de financiamento e esses podendo ainda ser classificados em financiamento reembolsável e não reembolsável.

### 3. NANOTECNOLOGIA E POLÍTICA DE FOMENTO

O objetivo desse capítulo é apresentar a tecnologia que estamos estudando, a nanotecnologia; mostrando suas principais características, tendências e impactos, assim como as políticas de fomento setoriais executadas no Brasil nos últimos anos, bem como suas críticas. Para tal, o capítulo foi dividido em quatro seções. As duas primeiras tratam da tecnologia em si, trazendo definições, caracterizações, potenciais, panoramas, tendências e impactos da nanotecnologia no momento atual e expectativas futuras. As duas últimas são voltadas para o histórico e análise da política de fomento a nanotecnologia no Brasil conforme a literatura da área.

#### 3.1 ASPECTOS TÉCNICOS DA NANOTECNOLOGIA

Apresentamos a seguir as definições, histórico, caracterização e a discussão sobre o potencial socioeconômico da nanotecnologia. O objetivo maior é o entendimento das características dessa tecnologia que a fazem ter tanto potencial de mudança e ser assim foco de políticas de fomento estratégicas.

##### 3.1.1 Definições iniciais e técnicas de produção da NT

Algumas definições básicas são necessárias. Segundo a Royal Society (2004), ‘nano’ vem da palavra grega para anão, sendo usado como prefixo para variados termos associados a essa tecnologia.

O elemento básico é ‘nano’ como escala de medida. Um nanômetro é um bilionésimo de metro. Como comparação, um fio de cabelo possui 80.000 nanômetros de largura e uma célula vermelha do sangue, 7.000 (idem).

Outra definição relevante trazida pelo relatório é a de nanociência, entendida como o estudo de fenômenos e manipulação de materiais em escala atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem das da escala normal. Por sua vez, a nanotecnologia é definida como o desenho, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas através do controle de materiais na nanoescala (idem).

Martins e Braga (2010) definem nanociência como o estudo dos princípios fundamentais de moléculas e estruturas com uma dimensão entre 1 a 100 nm (nanômetros). A

nanotecnologia - NT seria a organização destas moléculas e nanoestruturas em dispositivos nanométricos aplicados.

Kennedy (2011) considera que a nanotecnologia não é somente a manipulação de matéria na nanoescala, mas a pesquisa e desenvolvimento de materiais, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções obtidas graças a essa dimensão ou aos componentes em nanoescala.

Mattoso *et al.* (2005) versam que a NT difere das tecnologias macro por dois fatores. A maior área de superfície de nanoestruturas, o que pode interferir em suas propriedades químicas e causar maior reatividade e pelos efeitos quânticos, somente observáveis em nanoescala e que diferem muito das propriedades dos materiais em escala macro.

Existem variadas técnicas de produção de nanotecnologias. Nikulainen e Palmberg (2010) comentam que essas técnicas se dividem em duas abordagens de produção. A primeira seria a *top-down*, ainda dominante, usada em dispositivos eletrônicos e chips de computador e a segunda a *bottom-up*, com maiores obstáculos técnicos, mas com maiores potenciais revolucionários.

Segundo o relatório da Royal Society (2004), as técnicas *top-down* começam a partir de um bloco de material e seguem para sua modelagem em menores escalas na forma desejada. As técnicas *bottom-up* envolvem reunir unidades menores (átomos ou moléculas) para a montagem de uma estrutura maior. Apesar de esses métodos terem evoluído separadamente, a capacidade técnica dos dois atualmente é parecida e técnicas híbridas de fabricação estão surgindo.

### 3.1.2 Nanotecnologia e nanociência

Antes de avançar na análise, cabe destacar a diferença entre a ciência e a tecnologia envolvidas na nanoescala. Kennedy (2011) explana que o que diferencia a nanotecnologia das tecnologias anteriores de nível micro ou macroscópico é que os blocos constituintes básicos da matéria e da vida ocorrem nessa escala. Primeiro, a química molecular, reprodução genética, processos celulares e a fronteira da eletrônica ocorrem em nanoescala. Segundo, nesse nível ocorre a sobreposição da física tradicional com a mecânica quântica, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais.

Esse fato também dificulta a previsão de relações de causa e efeito devido ao domínio dos efeitos quânticos nessa escala, com materiais exibindo características surpreendentes

como partículas de ouro de cor laranja e vermelha e nanotubos com força de tensão cem vezes maiores que a do ferro (ibidem).

O autor ainda enfatiza que a nanociência é inerentemente interdisciplinar, com suas principais áreas sendo:

- A física, que governa as forças em nível de átomos individuais e que precisa de avanços no entendimento de como os efeitos quânticos afetam a matéria;
- A química no estudo de como diferentes moléculas interagem, importante para o entendimento do desenho de novos nanomateriais com um fim específico;
- A biologia, no estudo de sistemas biológicos complexos;
- A ciência da computação, quanto aos problemas da miniaturização crescente de transistores e suas barreiras físicas, como dissipação de calor e tunelamento de elétrons;
- Engenharia elétrica importante no entendimento de como fornecer energia nessa escala e controlar sinais elétricos em dispositivos de armazenamento de memória.
- A engenharia mecânica, para as preocupações como fadiga de materiais e lubrificação, que ainda se aplicam.

A atual divisão da pesquisa da academia e comunidade de pesquisa em disciplinas isoladas não facilita esse tipo de pesquisa multidisciplinar (idem).

Um maior entendimento do comportamento dos materiais em nanoescala é a tarefa da nanociência. Esse maior entendimento auxiliará na criação de tecnologias aplicadas.

### 3.1.3 Histórico de desenvolvimento da área

O início do uso de nanotecnologias é menos recente do que aparenta. Para a Royal Society (2004), nanotecnologias não são completamente novas, já que polímeros (grandes moléculas feitas pela junção de subunidades em nanoescala) e materiais usados em chips de computadores nos últimos vinte anos seriam exemplos de uso de tecnologias que dominam escalas bem pequenas.

Contudo, foi o avanço em ferramentas (como microscópios) que permitiram um salto em termos de capacidade de análise e manipulação na nanoescala nas últimas décadas.

Royal Society (2004) aponta que os primeiros *insights* sobre nanotecnologia foram feitos pelo físico Richard Feynman em uma palestra intitulada “*There’s plenty of room at the bottom*” em 1959, quando disse que toda a Enciclopédia Britânica poderia ser escrita na cabeça de uma alfinete.

Contudo, o termo nanotecnologia só foi criado em 1974 pelo pesquisador da Universidade de Tóquio, Norio Taniguchi, comentando sobre a habilidade de materiais serem manipulados no nível nanométrico. A IBM nos EUA já conseguia manipular nanoestruturas e dispositivos da ordem de 40 a 70 nanômetros no início da década de 1970 (ibidem).

Ainda segundo o relatório, o maior desenvolvimento só foi possível com a invenção de ferramentas, como o *scanning tunnelling microscope* - STM em 1982 e o microscópio de força atômica - AFM em 1986. Essas ferramentas permitiram não somente a visualização de superfícies com resolução atômica, mas a manipulação de átomos e moléculas para a construção de nanoestruturas rudimentares.

Kennedy (2011) considera que a nanotecnologia pode ser vista como uma fase na busca da ciência e tecnologia em entender e manipular a matéria em níveis cada vez menores ao longo do tempo. Saber da existência de átomos, conseguir vê-los, manipulá-los e entender verdadeiramente como eles funcionam são questões completamente diferentes.

Como exemplos dessas diferenças em escalas, o autor cita que a biologia sabe da existência dos blocos básicos do DNA desde 1953, mas só recentemente conseguiu mapear a sequência exata do DNA humano. Outro exemplo mais aplicado seria a capacidade de manipular estruturas de cerca de 20 nanômetros para a criação de um sistema de armazenamento de dados com capacidade para 25 milhões de páginas de texto em um dispositivo com uma polegada quadrada (idem).

Tecnologias como o *scanning tunneling microscopy*, *magnetic force microscopy* e o *electron microscopy allow*, assim como as pressões econômicas da indústria de eletrônicos que levaram ao desenvolvimento de novas técnicas de litografia na sua busca pela redução do tamanho e do custo de seus produtos (idem).

### 3.1.4 Principais características da nanotecnologia

As características da NT indicam um forte potencial de mudança socioeconômica, tornando o desenvolvimento da mesma estratégica para os países. Youtie, Iacopetta e Graham (2008) investigam se a nanotecnologia poderia ser considerada uma tecnologia de propósito geral – TPG, ocasionando mudanças em variados setores. Essas tecnologias costumam ter três características simultâneas, indicando seu potencial. Primeiro, elas têm que ser pervasivas, ou seja, melhorar o desempenho de muito produtos e processos para assim ser incorporada em vários setores da economia. Segundo, elas devem suscitar uma onda de inovações complementares usadas para a adaptação dessas tecnologias às especificidades de variados



setores, ajudando a difundir a TPG. Por fim, ela deve ser eficiente em termos de custos, para que seja adotada e evolua conforme as inovações complementares vão sendo agregadas, aumentando a aceitabilidade e diminuindo os riscos, incentivando assim investimentos. Os autores acreditam no potencial da NT ser uma TPG e defendem que fomento do governo ao núcleo da tecnologia é fundamental para que iniciativa privada invista em tecnologias complementares e mais aplicadas.

Helpman e Trajtenberg (1994) discorrem que essas tecnologias de alto poder de penetração e uso em variados setores agem como “motores do crescimento” sustentado de uma época, tendo como exemplos históricos o motor a vapor, a eletricidade e a microeletrônica. Ao serem incorporadas em outras tecnologias, elas alteram as trajetórias tecnológicas das mesmas.

Nesse sentido, Youtie, Iacopetta e Graham (2008) destacam a complementaridade de crenças e expectativas necessária para se impulsionar uma TPG, especialmente entre produtores e usuários. Investidores podem esperar maiores desenvolvimentos no núcleo dessa tecnologia para investir em tecnologias complementares, dificultando a sua difusão para outros setores. Aqui entra o papel estratégico do governo em fomentar a P&D na tecnologia núcleo.

Graham e Iacopetta (2014) argumentam que, apesar de ainda haver poucos dados, a NT tem mostrado ser: pervasiva, adentrando vários setores - de nanomateriais aos fármacos. Ela abre espaço para outras inovações e vem mostrando seu potencial facilitador (*enabling*), possibilitando avanços em outros domínios tecnológicos. Ainda faltam avanços em técnicas de produção, mas já podemos ver uma ênfase da nanotecnologia em materiais, que possibilitará melhorias em vários produtos e setores.

Para os autores, a diversidade de domínios tecnológicos nos pedidos de patentes depositados envolvendo nanotecnologia seria um indicativo da pervasividade da mesma, reforçando a ideia que a NT pode se tornar uma TPG.

Para Islam e Myiazaki (2010), um domínio adequado da manipulação e produção em larga escala de nanoestruturas provavelmente possibilitará a incorporação progressiva da mesma em várias estruturas, abrindo espaço para outras inovações, ou seja, ela é pervasiva e possibilita avanços complementares em outras tecnologias, duas das características de uma TPG.

Todas essas questões levam a discussão do capítulo anterior sobre tecnologias de grande potencial socioeconômico. A nanotecnologia pode levar a uma revolução tecnológica

e logo a um novo paradigma tecnoeconômico (PEREZ, 2009), adentrando variados setores e mudando a dinâmica de várias tecnologias.

Evidenciado seu potencial de transformação socioeconômica, os autores ainda destacam que a nanotecnologia não é restrita, seguindo disciplinas ou domínios definidos. Ela pode ainda ser considerada uma tecnologia facilitadora (*enabling*), ou seja, que possibilita avanços requeridos em outros domínios, como a miniaturização na eletrônica, produtos mais resistentes na área de materiais ou drogas com alvo específico, diminuindo efeitos adversos, na área farmacêutica. Esse eixo de facilitadora parece ser promissor para a NT e demonstra a ideia que a NT é incorporada nos setores não como um fim, com produtos definidos, mas uma tecnologia meio (*ibidem*).

Reforçando, Meyyppan (2011) considera que existe não uma, mas várias nanotecnologias, que não são fins em si mesmas, mas tecnologias facilitadoras que serão incorporadas em outras, podendo uma mesma nanotecnologia afetar diversos setores.

Islam e Myiazaki (2010) sugerem duas visões para a nanotecnologia – uma mais mecânica, presente em setores como o de materiais e microeletrônica, onde a NT é incorporada visando melhorias nas propriedades e funções químicas, mecânicas e elétricas. A outra visão é mais bio mimética, presente em setores como biotecnologia e farmacêutico, incorporando a NT com a intenção de controlar sistemas biológicos. Isso demonstra o caráter transversal e interdisciplinar da nanotecnologia e seu uso possível até como tecnologia híbrida, juntando conhecimentos de biotecnologia, microeletrônica e nanotecnologia, por exemplo. Evoluções da computação e biotecnologia, dados seus atuais estágios, dependerão cada vez mais de avanços na nanotecnologia.

Em suma, a NT possui potencial de adentrar variadas tecnologias e alterar a dinâmica de diversos setores, sendo assim transversal. Não há uma, mas várias nanotecnologias que são incorporadas de modo a possibilitar avanços, como meio, não como um fim. Além disso, a NT tem demonstrado seguir dois caminhos mais evidentes, um para a área de materiais e outra para aplicações em áreas biológicas. Contudo, é preciso cautela ao se avaliar os impactos esperados de uma tecnologia, evitando assim superestimar seus efeitos.

Seu caráter transversal dificulta a produção de estatísticas quanto ao seu desenvolvimento e difusão. Essa dificuldade poder ser aliviada por uma pesquisa que aborde mais detalhadamente o objeto, no caso a inovação específica em NT.

### 3.2 ESTÁGIO ATUAL, PROMESSAS E IMPACTOS DA NANOTECNOLOGIA

Concluída a caracterização do que é a NT, cabe agora traçar um breve panorama da sua situação atual, principais promessas para o futuro e impactos sociais atuais e esperados no Brasil e no mundo. A partir disso, poder-se-á identificar qual o grau de difusão e o tipo de avanços conquistados pela NT até o momento, quais os setores mais promissores e que impactos são esperados em uma provável revolução tecnológica vinda da nanotecnologia.

### 3.2.1 Panorama da nanotecnologia no mundo

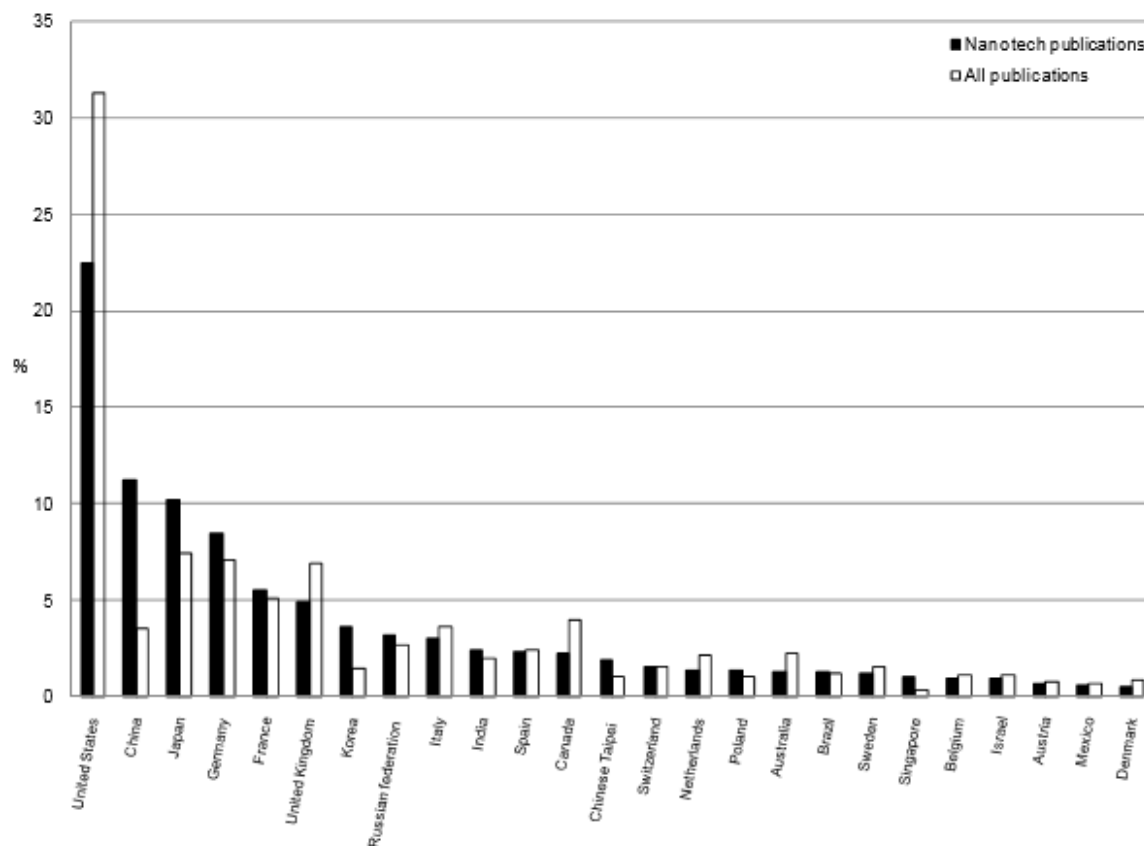
Um panorama da situação empresarial em nanotecnologia é dado por Shapira, Youtie e Kay (2011). Os autores identificaram 17.500 empresas pelo mundo, 5.440 delas estadunidenses, que publicaram 52.110 artigos científicos e pediram registros de cerca de 45.050 patentes em nanotecnologia entre 1990 e 2008- destes, cerca de 18.000 foram concedidos no período.

Esse panorama é limitado pelo fato de que houve saída de firmas e que muitos trabalhos das mesmas não foram publicados. Publicações corporativas cresceram 26% ao ano em média no período, enquanto o de concessão de patentes 23% e pedidos de patentes 20% ao ano (idem).

Uma mudança interessante notada pelos autores é que as empresas estão registrando mais patentes em NT. Entre 1992 e 1994, empresas produziam 2,9 vezes mais publicações que patentes na área, indicando um foco na pesquisa, contudo, nos anos mais recentes 2005 e 2007, as empresas produziram em média 1,3 publicações para cada patente, sugerindo que o conhecimento na área está ficando mais aplicado (SHAPIRA *et al.*, 2011). Contudo, é necessária cautela na interpretação desses indicadores, já que patentes nem sempre indicam tecnologias licenciadas ou produtos com potencial de mercado.

Na sequência, algumas informações sobre publicações e patentes em NT (OCDE, 2009). A primeira delas, expressa no gráfico 1, é a proporção de publicações em NT por país comparada com sua proporção nas publicações totais.

GRÁFICO 1 – PROPORÇÃO DAS PUBLICAÇÕES EM NT E TOTAIS POR PAÍS ENTRE 1991 E 2007

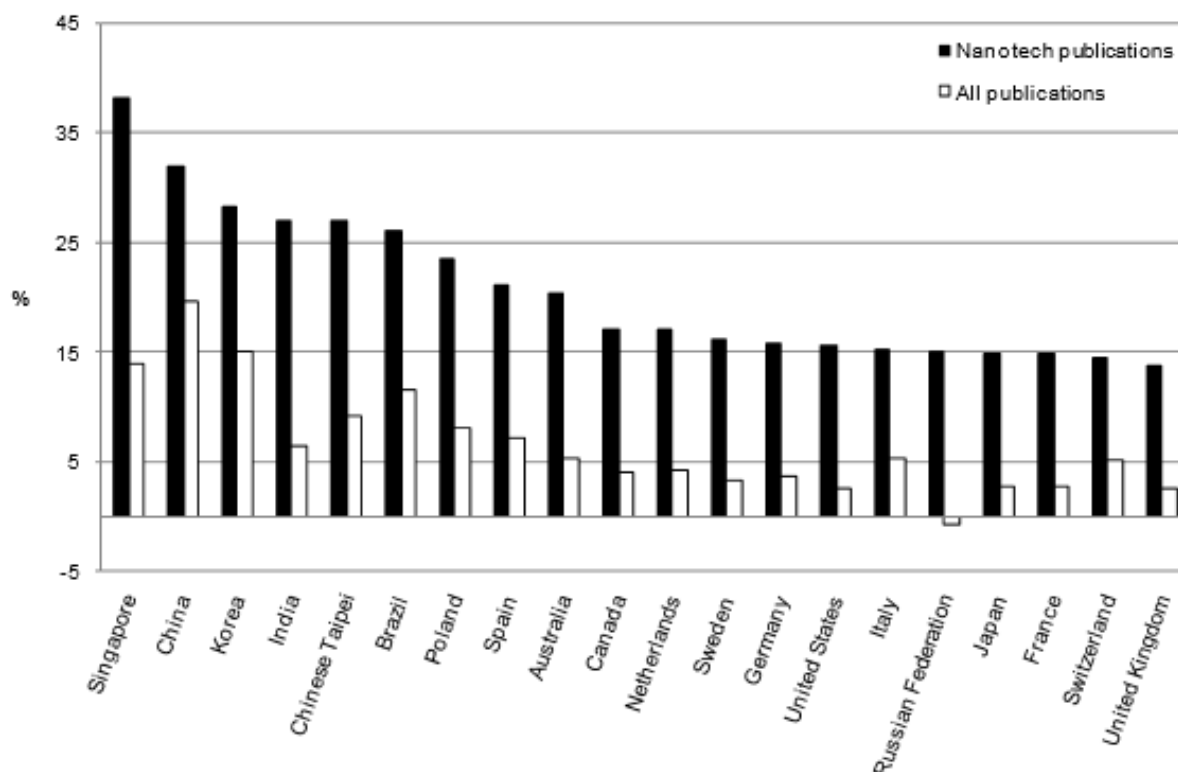


Fonte: ISI Web of Knowledge (2008) – disponível em OECD (2009).

Pode-se observar a liderança dos EUA nas duas categorias. Japão, Alemanha e Reino Unido seguem na liderança com as publicações totais, mas não necessariamente na área de NT. A vice-líder na área é a China, seguida do Japão e Alemanha. A diferença entre as duas colunas indica uma especialização na área de NT quando a coluna preta é maior que a branca. Assim, podemos notar uma notável especialização da China em NT, já que a proporção do país na produção de publicações na área é mais que o dobro da sua participação na produção total de publicações. Outros países com especialização destacada na área são Coreia do Sul e Cingapura, apesar do menor peso em relação aos outros países. O Brasil aparece como décimo oitavo na proporção de publicações gerais e em décimo sexto nas da área de NT.

O gráfico 2 a seguir mostra a taxa de crescimento das publicações totais e em NT para o período de 1996 a 2006.

GRÁFICO 2 – TAXAS DE CRESCIMENTO DAS PUBLICAÇÕES EM NT E GERAIS POR PAÍS ENTRE 1996 E 2006

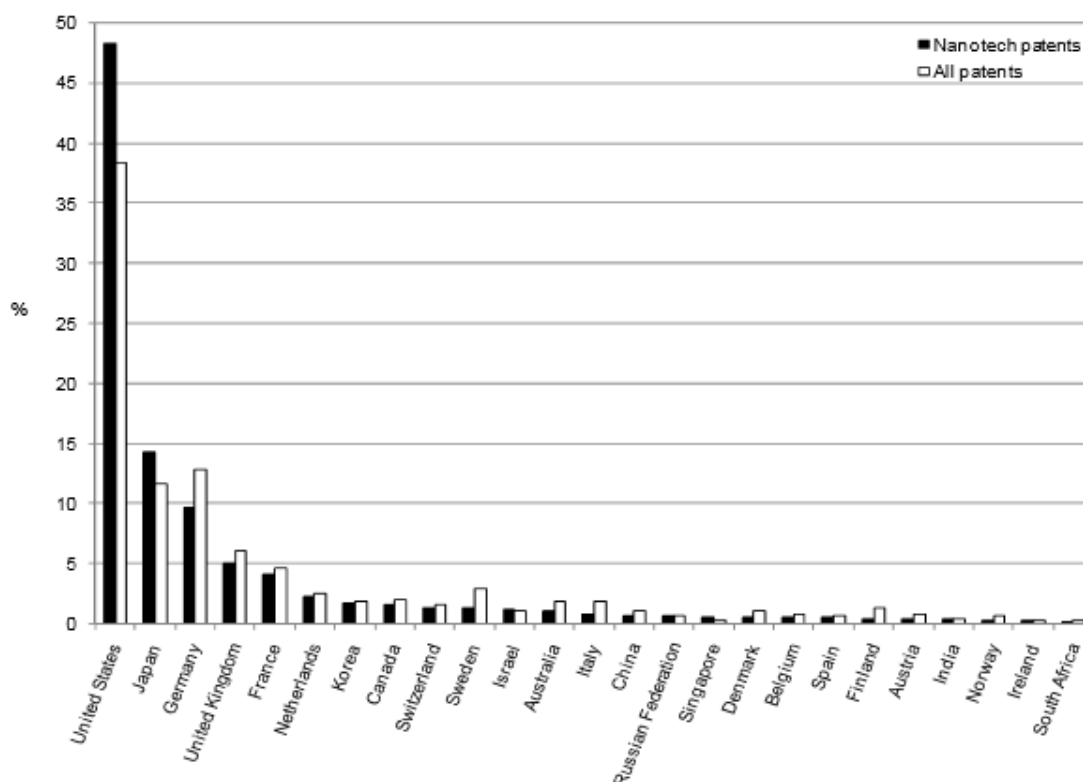


Fonte: ISI Web of Knowledge (2008) – disponível em OECD (2009).

O país que teve maiores taxas de crescimento em publicações na área de NT foi Cingapura, seguida da China e Coreia do Sul. Todos os países tiveram taxas de crescimento na área maiores que as totais, refletindo o período de fortalecimento da pesquisa na área. Alguns dos países com especialização mais crescente (diferença entre as duas colunas, significando um peso cada vez maior da NT em suas pesquisas) foram Índia (publicações em NT cresceram cinco vezes mais que as publicações totais) e a Rússia, apesar de que todos os países apresentaram taxas de crescimento significativamente maiores para a área. China e Coreia tiveram os menores diferenciais de taxas de crescimento entre as duas categorias, apesar de terem algumas das taxas de crescimento mais elevadas. Nota-se o Brasil como o país com sexta maior taxa de crescimento em publicações na área no período.

Outro aspecto a ser considerado em uma tecnologia emergente é a evolução do número de patentes. O gráfico 3 traz a proporção de patentes gerais e em nanotecnologia por país até 2005.

GRÁFICO 3 – PROPORÇÃO DE PATENTES RELACIONADAS À NT E TOTAIS POR PAÍS ATÉ 2005

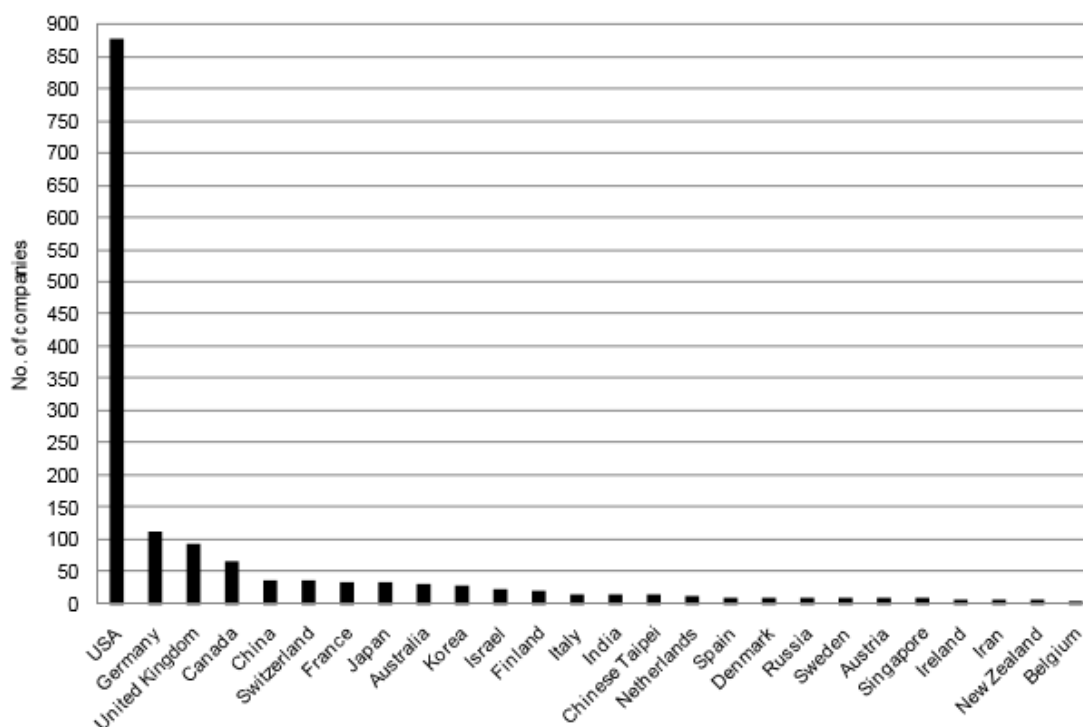


Fonte: OECD Patent Base (2008) – disponível em OECD (2009).

Assim como nas publicações, os EUA são líderes absolutos em patentes, seguidos do Japão e Alemanha. A China, apesar de ser segunda colocada em publicações, fica bem atrás em termos de patentes (14º lugar), refletindo o estágio do país na área, ainda muito voltado para a área de pesquisa no período. Em termos de especialização (diferença as duas colunas), temos os EUA e Japão como especialistas na área, apesar de diferença não ser tão acentuada como a existente em termos de publicações na área de nanotecnologia. O Brasil nem aparece no gráfico acima.

Dando continuidade, o gráfico 4 apresenta um levantamento do número de empresas com produtos contendo NT por país. Nota-se a liderança incontestável dos EUA, seguidos pela Alemanha e Reino Unido, com números bem mais tímidos. O Brasil também não figura entre os países apresentados no gráfico.

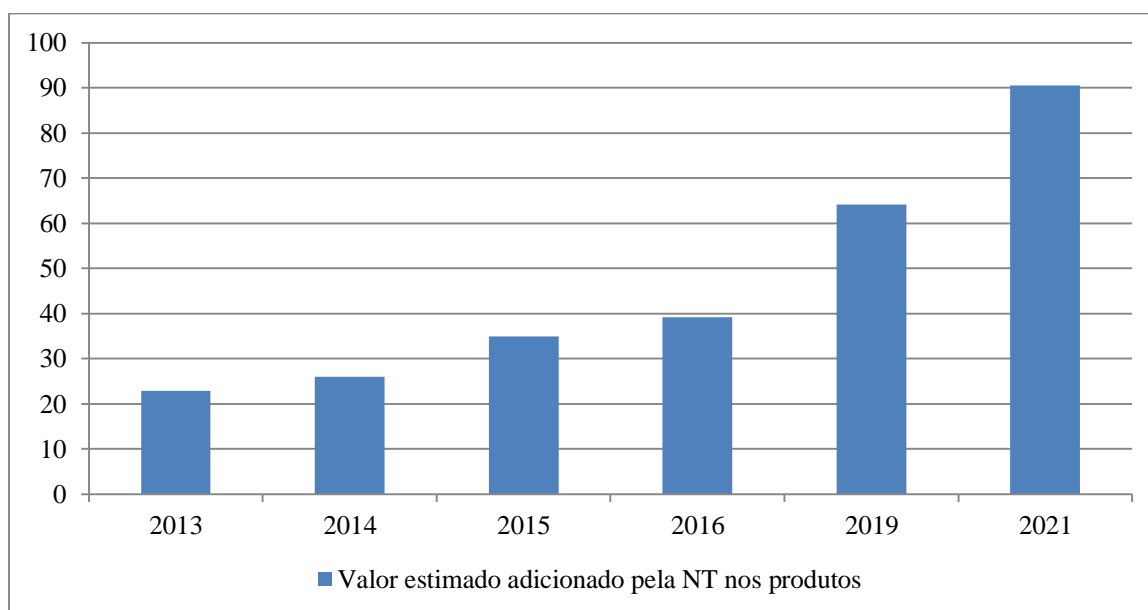
GRÁFICO 4 – NÚMERO DE EMPRESAS IDENTIFICADAS COM PRODUTOS EM NT POR PAÍS



Fonte: Relatório OECD (2009)

Uma estimativa para o valor de mercado adicionado pela tecnologia poder ser obtida em BCC (2014) e BCC (2016), focando no valor adicionado pela NT para os próximos anos. O resultado no gráfico 5 a seguir.

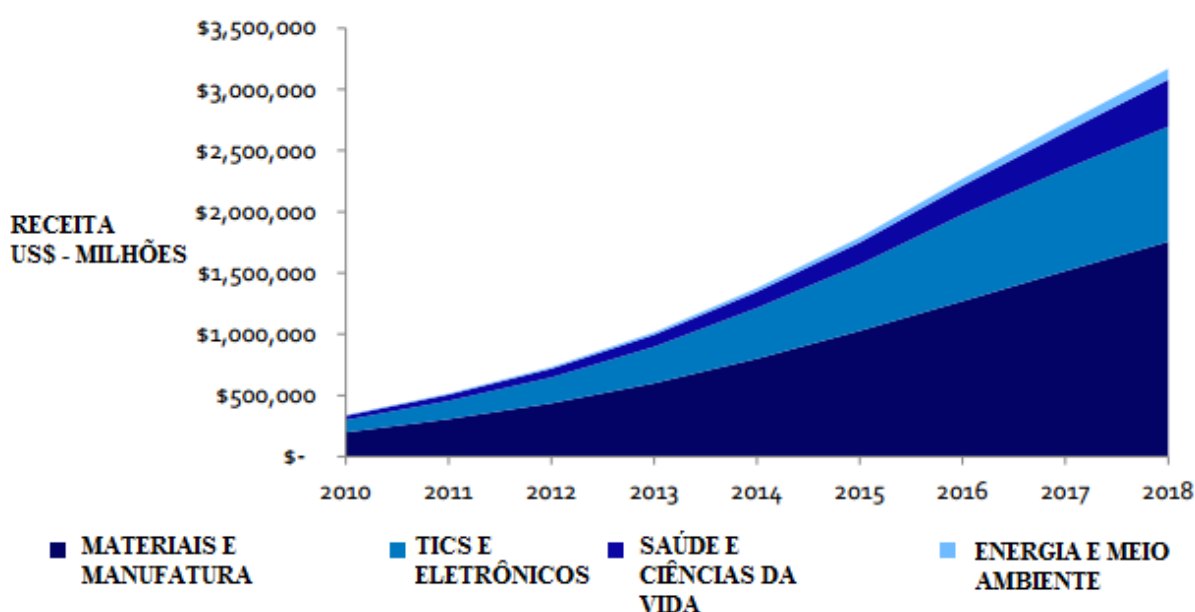
GRÁFICO 5 – ESTIMATIVA DO VALOR ADICIONADO PELO NT – US\$ BILHÕES



Fontes: Adaptado pelo autor com base em BCC (2014) e BCC (2016).

A metodologia se baseia no valor adicionado pela nanotecnologia para os anos estimados. Vê-se claramente uma tendência de aumento no valor da NT. Outra pesquisa foi feita pela Lux Research (2013) com uma metodologia um pouco diferente, considerando o valor de mercado como a soma do valor final de todos os produtos contendo nanotecnologia. Obviamente essa metodologia apresenta números maiores que a anterior. O gráfico 6 abaixo estima a evolução das receitas obtidas por produtos contendo NT para os próximos anos e divide esses valores em áreas da NT.

GRÁFICO 6 – RECEITA TOTAL ESTIMADA DOS PRODUTOS CONTENDO NT POR ÁREA – US\$ MILHÕES



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Lux Research (2013).

A estimativa da Lux Research de 2013 também demonstra a expectativa de aumentos nos valores de mercado da NT. Aponta também o domínio da área de materiais e manufatura, com mais da metade da receita total. Tecnologias da Informação e Comunicação - TICs e eletrônicos em segundo lugar, área da saúde e ciências da vida com valores bem mais tímidos, estimados em US\$ 383 bilhões em 2018, em relação ao seu potencial na área. Aplicações em energia e meio ambiente corresponderam a somente 2% do valor de mercado estimado para 2018. A pesquisa se baseia no valor total de mercado dos produtos, daí seus valores mais elevados.

Vance *et al.* (2015) fazem um levantamento dos produtos contendo nanotecnologia disponíveis no mercado. Foram identificados 1814 produtos até março de 2015 – um aumento

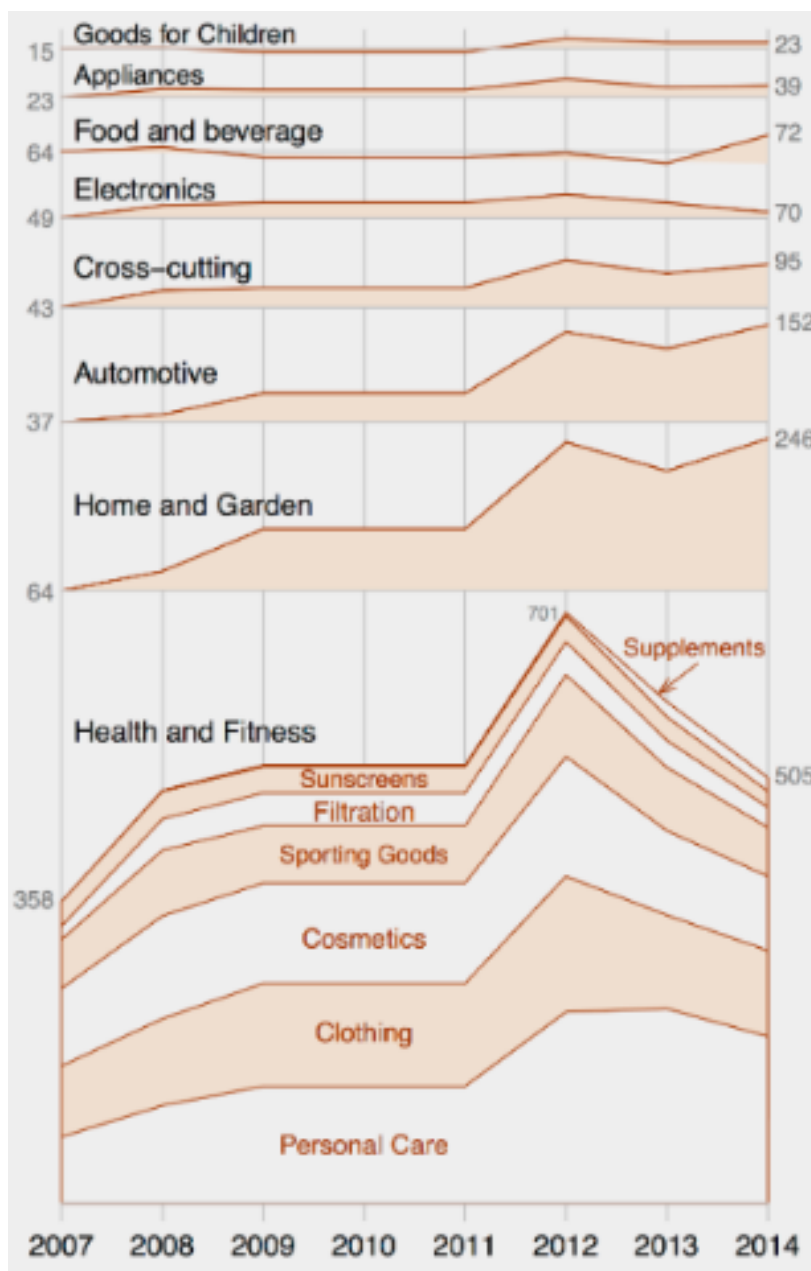


de trinta vezes o número de 2005. Também foram mapeadas 622 empresas, localizadas em 32 países, como focadas ou possuindo atividades significativas envolvendo NT. Isso constitui evidência de que a NT não somente tem avançado em ritmo acelerado, como que esse ritmo se transcreve em produtos no mercado.

A variedade de setores em que a NT é incorporada, assim como o potencial revolucionário percebido dessa incorporação podem significar que a NT se tornará a líder do próximo paradigma tecnoeconômico.

Abaixo, na figura 1, é possível observar a evolução do número de produtos por categoria de uso, com a principal categoria – Saúde e Fitness – descrita por subitens. A categoria saúde e fitness foi responsável por cerca de um terço dos produtos contendo nanotecnologia. Na sequência aparece a categoria Casa e Jardim como a segunda mais importante.

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PRODUTOS IDENTIFICADOS E CATEGORIAS DE USO ENTRE 2007 E 2014

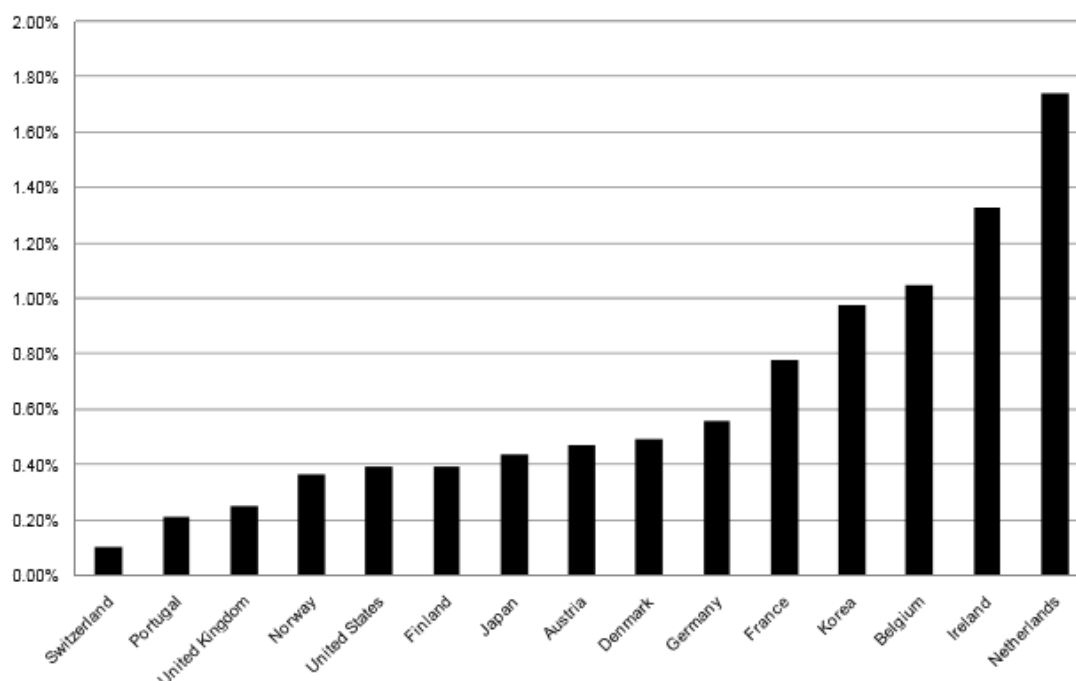


Fonte: Vance *et al.* (2015)

Outra tendência interessante é que categorias como Casa e Jardim e Saúde e Fitness mais que dobram no período, mas nessa última há uma queda no número de produtos ofertados entre 2012 e 2014.

Outra característica interessante que aponta para o crescimento e a importância dada para a NT é o gasto em P&D na área pelos países. O gráfico 7 mostra os países líderes neste quesito.

GRÁFICO 7 – PROPORÇÃO DO GASTO EM P&amp;D NA ÁREA EM RELAÇÃO AO TOTAL NACIONAL

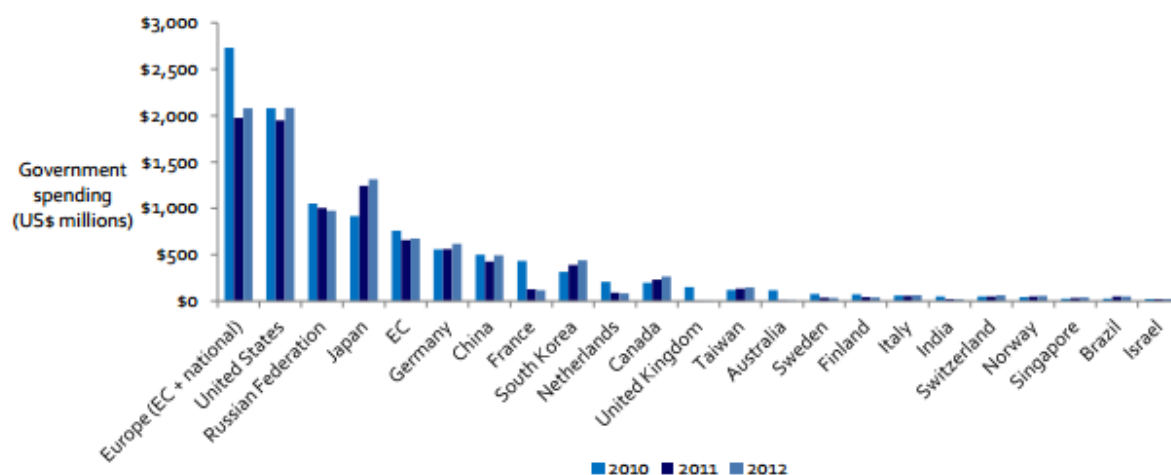


Fonte: WPN Policy Questionnaire (2008 *apud* OECD, 2009).

Holanda, Irlanda, Bélgica e Coreia do Sul investiram proporcionalmente muito mais de seu gasto em P&D em nanotecnologia que países líderes, como Japão e EUA. O Brasil também não aparece no gráfico.

Quanto ao perfil de gastos em P&D de acordo com a divisão público e privado, tem-se os gráficos 8 e 9 abaixo, o primeiro trata da evolução dos gastos governamentais em P&D na área por país e o segundo complementa com os valores gastos pelas empresas.

GRÁFICO 8 – GASTO GOVERNAMENTAL EM P&amp;D EM NT POR PAÍS – US\$ MILHÕES

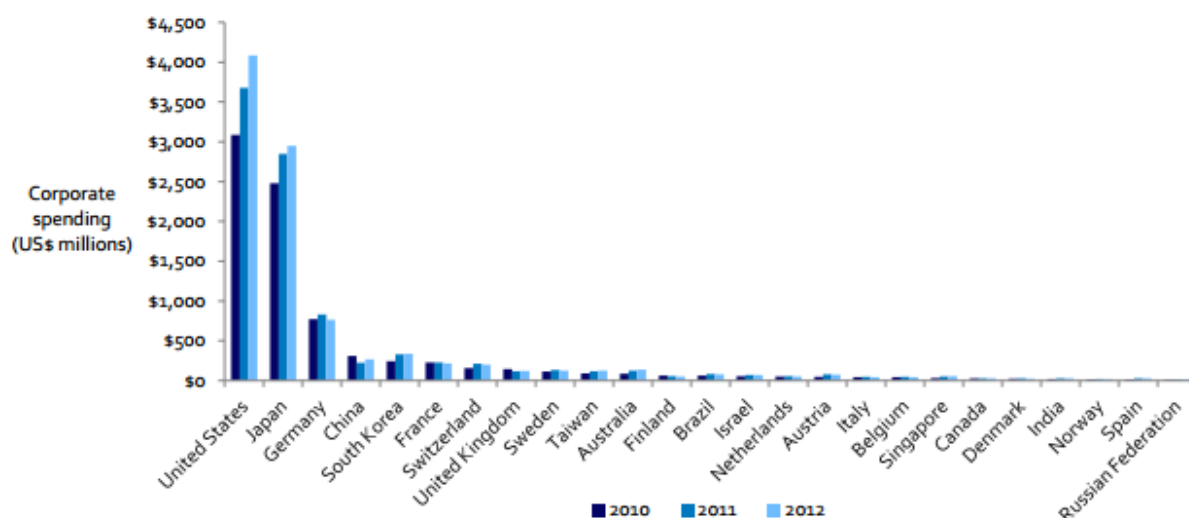


Fonte: Lux Research (2013).

O gráfico 8 mostra a liderança dos países europeus, quando tomados em conjunto. Eles sofreram um grande corte em 2011 e 2012, fazendo com que os EUA, mesmo considerados sozinhos, se tornassem o líder absoluto. A Rússia ficava com o segundo lugar em 2010, mas em 2011 foi superada pelo Japão em termos de gastos governamentais, o atual vice-líder. O orçamento da União Europeia (EC) ficou como terceiro, mas quando se considera somente países, a Alemanha vem em terceiro. Um fato interessante é que o Japão tinha um programa de fomento público à P&D em nanotecnologia até 2010. Em 2011, apesar do programa específico para a área ter sido descontinuado, o país alcançou a vice-liderança. No gráfico, observa-se o Brasil em vigésimo primeiro lugar em termos de gasto governamental, atrás de países menos populosos como Holanda, Suécia e Cingapura. O volume de recursos caiu para os países europeus em conjunto e subiu para o Japão, mas para a maioria dos países, assim como em termos gerais, os gastos públicos em P&D de nanotecnologia tenderam a ser estáveis para os anos coletados. A análise das iniciativas dos principais países em NT, assim como as do Brasil será feita mais a frente, na seção 3.3.

Agora, os valores dos gastos corporativos em P&D por país no gráfico 9 a seguir.

GRÁFICO 9 – GASTOS CORPORATIVOS COM P&D EM NT POR PAÍS – US\$ MILHÕES



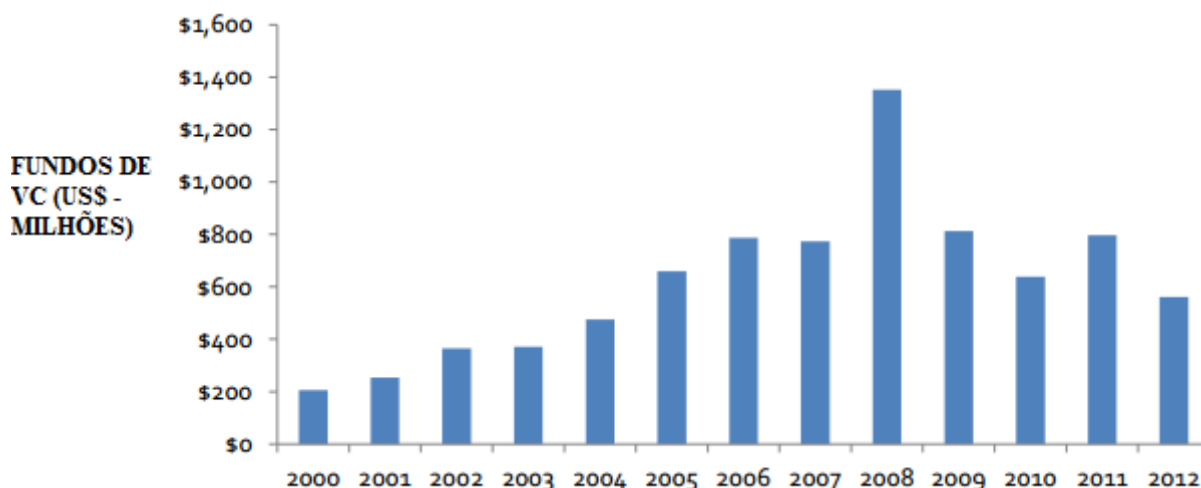
Fonte: Lux Research (2013).

Aqui, também se observa a predominância dos EUA, Japão e Alemanha, sendo que em 2012, os três países acumularam 75% do P&D corporativo na área. Coreia do Sul ultrapassou a China em 2011. Nesse gráfico, o Brasil ficou em uma melhor posição, apesar dos resultados ainda tímidos em relação aos líderes, décimo terceiro lugar. A Rússia, quarto lugar em gastos públicos, ficou em vigésimo quinto em gastos corporativos, com valores pouco expressivos.

Com exceção da China, a maioria dos outros países teve aumento no financiamento corporativo desses gastos, especialmente nos EUA e Japão. O volume de recursos aumentou no geral, mas em um montante não tão grande.

Outro indicador do aumento do interesse empresarial em NT é a evolução dos aportes de fundos de VC na em empresas da área, apresentado no gráfico 10 abaixo.

GRÁFICO 10 – EVOLUÇÃO DOS APORTES DE FUNDOS DE *VENTURE CAPITAL* – US\$ MILHÕES



Fonte: Lux Research (2013).

Há um crescimento mais significativo a partir de 2004, com o ano de 2008 sendo de pico. A partir daí, o volume caiu um pouco e tendeu a se manter estável. O relatório ainda aponta que 70% desses recursos são destinados a empresas estadunidenses.

Em termos de infraestrutura científica, Coccia, Finardi e Margon (2012) versam que o maior número de laboratórios para nanotecnologia existentes em 2008 estava na Europa e América do Norte. A Ciência dos Materiais é a área do conhecimento com o maior número de produções científicas, mas vem perdendo peso para áreas como a Química e a Medicina.

Os autores argumentam que a nanotecnologia estaria passando por uma mudança em sua trajetória tecnológica, partindo da invenção de novos materiais para aplicações inovativas na bioquímica, medicina e genética, as quais estão saindo da fase de invenção e passando para a de inovação no mercado. Eles concluem que a nanotecnologia tem crescido em aplicações em ciências da vida, com produção científica polarizada principalmente entre América do Norte e Europa. Países como China e Coreia do Sul vêm ganhando espaço na pesquisa da área.

A partir do exposto, observa-se um crescimento significativo da NT tanto na década de 2000 como na atual, apesar de ter havido certa desaceleração e um pouco mais de ceticismo quanto ao potencial dessa tecnologia, pelo menos no curto prazo.

### 3.2.2 Tendências, promessas, desafios e impactos da nanotecnologia

A evolução da NT foi dividida em duas fases por Roco (2011), uma já superada e outra em trânsito. Elas são: a primeira fase fundacional (2001-2010) e a segunda fase fundacional (2011-2020).

A primeira fase (sistema de ciência) aconteceu na primeira década após a definição da visão de longo prazo para a nanotecnologia (2000). Foi focada na pesquisa interdisciplinar na nanoescala, tendo como principais resultados: a descoberta de novos fenômenos, propriedades e funções na nanoescala, síntese de um conjunto de componentes usados como blocos de construção (*building blocks*) para aplicações potenciais futuras, avanço em ferramentas e a melhora de produtos existentes pela incorporação de componentes em nanoescala relativamente simples. Essa fase foi dominada pelo sistema de ciência (idem).

A segunda fase (nanociência e difusão), segundo o autor, iria focar na nanociência e na integração pela engenharia, com projeções de obter medidas diretas em nanoescala com boa resolução temporal, desenho de produtos fundamentalmente novos a partir da nanociência e uso de propósito geral e em massa da nanotecnologia. Espera-se que o foco da P&D e das aplicações mude em direção a nanossistemas complexos, novas áreas de relevância e produtos fundamentalmente novos, com P&D voltada para considerações socioeconômicas (idem).

Apesar de a NT já ter conseguido alguns avanços, muito ainda está no campo da promessa – com algumas podendo ser alcançadas em poucos anos. Drechsler (2009) defende que a NT pode se tornar a tecnologia líder do novo paradigma tecnoeconômico, pois: seu potencial disruptivo implica em profundas transformações econômicas e sociais; sendo as outras tecnologias de amplo potencial consideradas menos versáteis, como a biotecnologia; o fato de alguns desenvolvimentos atuais já apontarem grande potencialidade e o de que ela pode ajudar a resolver problemas da produção em massa que a revolução da Tecnologia da Informação não conseguiu, como problemas de materiais e energia. Assim, há alguma expectativa de que a NT se torne a tecnologia-chave da próxima revolução industrial, substituindo a liderança das tecnologias do atual paradigma – as TICs.

Perez (2009) diz que as revoluções tecnológicas foram marcadas pela produção de um insumo barato com ampla aplicação. Um melhor domínio da produção de nanoestruturas, dado seu potencial de uso por vários setores, pode ser a questão chave para que a nanotecnologia se torne revolucionária.

Hussein (2015) traz um estudo das aplicações e potencialidades da NT na área de energias renováveis. Ele acredita que a NT tem potencial para aumentar a eficiência e a viabilidade econômica das diversas formas de geração de energia renovável. O autor destaca que cerca de 50% da energia primária do mundo deverá vir de fontes renováveis até 2040. A nanotecnologia pode ajudar tornando os métodos de obtenção de energia mais baratos e eficientes. Exemplos seriam lâminas de energia eólica mais leves e fortes, avanços nas células solares, agricultura de precisão baseada na NT otimizando a produção de biocombustíveis, nanocompósitos permitindo perfurações mais profundas para energia geotermal, etc. No campo do armazenamento de energia, o potencial da nanotecnologia de revolucionar baterias é imenso. A NT possui o papel de facilitadora na produção de novas formas de energia, solucionando problemas técnicos existentes há muito tempo.

Scrinis e Lyons (2007) falam que no campo do agronegócio, a convergência de NT com biotecnologia permitirá maior precisão na engenharia genética. Além disso, há desenvolvimentos de nanocápsulas que possibilitam o aumento da eficiência de pesticidas e medicamentos. Nanosensores podem facilitar agricultura de precisão e monitoração em tempo real.

Os autores ainda destacam outra possibilidade que é a da substituição de matérias-primas, como algodão e borracha, por materiais nanotecnológicos, algo que pode prejudicar países não desenvolvidos, geralmente especializados em produtos primários. No setor de alimentos pode haver avanços na funcionalidade e biodisponibilidade de nutrientes, assim como embalagens inteligentes (idem).

Jain (2005a) ilustra que o potencial da NT na área farmacológica depende da melhoria dos processos de *screening* (triagem de novas drogas) e validação. Avanços da tecnologia vêm sendo aplicados na descoberta e entrega de drogas, assim como em métodos de manufatura. Para Jain (2005b), a NT possibilita diagnósticos em nível celular e molecular, podendo ser incorporados em *biochips*, assim como uma medicina personalizada. Diagnóstico molecular pode ser usado em pesquisa biológica, detecção de agentes de bioterrorismo, descoberta e desenvolvimento de drogas, assim como monitoramento e tratamento e terapia gênica. Assim, a nanotecnologia pode permitir testes sem uso de laboratórios e mão de obra especializada, que são escassos em países pobres.

Sahoo, Parveen e Panda (2007) versam que sistemas de *drug delivery* exploram as diferenças anatômicas entre tecidos normais e doentes, conseguindo atingir locais específicos. Além do potencial para tratamento de câncer e várias outras doenças, a NT consegue atravessar a difícil barreira sangue-cérebro, permitindo o tratamento eficaz de doenças cerebrais.

Por fim, Bainbridge e Roco (2006) destacam a tendência de convergência tecnológica nas áreas de nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva – NBIC (em inglês). Para os autores, essa convergência não deve ser confundida com o aumento da interdisciplinaridade, mas como uma tendência estrutural mais forte. O acesso e manipulação na nanoescala mudaria a lógica de todas as outras tecnologias convergentes.

Em termos de desafios atuais, já em 2004, a Royal Society (2004) apontava que são necessários avanços técnicos em termos de custos e descoberta de propriedades dos materiais para tornar essa tecnologia mais barata e difundida. A introdução da NT ainda tem sido evolutiva, mudando pouco as características dos produtos em que é incorporada. Avanços tecnológicos poderão permitir que o impacto da NT seja mais profundo, mudando fortemente as características dos produtos em que é incorporada, gerando efeitos disruptivos e mudanças radicais e revolucionárias nas indústrias afetadas.

O relatório ainda aponta que uma maior precisão na metrologia será fundamental para avanços tanto na nanociência quanto na nanotecnologia. Para isso, é necessário um esforço para aumentar a padronização para a calibração de equipamentos.

Mayypan (2011) divide os desafios da nanotecnologia em internos e externos. Os primeiros estão fora do controle da firma e são imprevisíveis – rejeição da tecnologia, segurança no uso da tecnologia e oposição de grupos de pressão como ambientalistas e religiosos.

Já os desafios internos são aqueles que dependem da ação da comunidade de interesse – acadêmicos, inventores, empreendedores, investidores, empresas e agências governamentais de pesquisa, que vão lidando com os mesmos à medida que eles aparecem.

O principal seria reconhecer que o que tem sido feito até agora é em sua maioria nanociência, não nanotecnologia. Não reconhecer isso leva a expectativas infundadas quanto a prazos e comercialização. Essa demora de anos em transformar descobertas científicas em produtos concretos é normal segundo a autora, pois produtos devem passar previamente por vários testes, como controles de qualidade, avaliações de segurança, teste de mercado e aceitação pública (idem).



Além da baixa quantidade de produtos de nanotecnologia no mercado em relação ao potencial, outro indicativo do domínio da nanociência em relação à nanotecnologia seria que, analisando o ano de 2007 e os anos anteriores da iniciativa americana de fomento NNI, a maioria dos recursos fluiu para os departamentos científicos da academia, não os de engenharia, apesar de haver grande potencial para esses últimos, mesmo nessa fase inicial da tecnologia (ibidem).

Uma tecnologia tão promissora e revolucionária certamente é acompanhada de preocupações quanto aos seus impactos socioeconômicos e seus riscos. Podem-se dividir os impactos em: socioeconômicos e os relacionados à saúde e meio ambiente.

Os do primeiro grupo destacam os efeitos que a NT poderá ter nas estruturas industriais e de emprego e nas diferenças entre países.

Segundo a Royal Society (2004), os prováveis efeitos econômicos da nanotecnologia ainda são objeto de debate. Por ser uma tecnologia disruptiva, seus efeitos no curto prazo podem ser desestabilizadores, mas a longo prazo tudo indica que haverá melhorias não só econômicas, como também sociais devido aos grandes avanços nas áreas médicas e ambientais.

Invernizzi (2011a) diz que uma revolução da NT provocará uma reestruturação industrial, mudando as demandas por trabalho e as qualificações dos trabalhadores, assim como poderá mudar a divisão internacional do trabalho. Nesse sentido, Invernizzi e Foladori (2010) versam que os efeitos da NT sobre o emprego e sobre os setores poderão ser disruptivos, tornando outras tecnologias e até setores obsoletos. Produtos nanotecnológicos são mais eficientes, podem ser multifuncionais, requerer diferentes e menos matérias-primas e são mais duráveis. Isso poderá levar a queda no número de empregos e no valor adicionado nos setores afetados, dependendo da demanda e dos custos.

Essas e outras mudanças poderão erodir as competências tecnológicas e vantagens competitivas antigas das firmas, exigindo adaptação das mesmas. A capacidade das firmas dos diferentes países e de suas políticas públicas de anteverem e responderem a essas mudanças serão cruciais para determinarem os impactos do desenvolvimento da nanotecnologia em suas estruturas produtivas e econômicas. Isso exige uma grande capacidade crítica da sociedade e um planejamento de longo prazo não facilmente encontrado.

Uma preocupação seria o chamado “*Nanodivide*”, ou seja, um aprofundamento na diferença de renda entre países desenvolvidos e em desenvolvimento devido ao domínio da NT pelos primeiros, assim como pela possível substituição de produtos primários exportados

pelos menos desenvolvidos por sintéticos obtidos a partir de nanotecnologia (ROYAL SOCIETY, 2004).

Nessa seara, Miller (2011) critica o fato de que a justificativa mais comum para os gastos públicos massivos em P&D na área sejam seus efeitos revolucionários nas estruturas produtivas e nas competitividades dos países, mas que estudos sobre esses impactos e como diminuir efeitos desestabilizadores sejam pouco incentivados. O autor cita que uma das principais razões para isso é o fato das preocupações sociais na área se centrarem nos riscos sobre a saúde e meio-ambiente, que são mais tangíveis hoje que os impactos socioeconômicos, já que apesar de alguns produtos estarem à venda, eles ainda não tem tido impactos revolucionários a ponto de provocar reestruturações industriais.

Uma tecnologia com potencial de criar novos setores e principalmente substituir tecnologias antigas deve ser alvo de uma política de inovação de longo prazo que não somente aproveite os novos setores criados, mas faça com que o país não sofra tanto com a obsolescência de setores ultrapassados.

Quanto às preocupações com riscos à saúde e meio ambiente da NT, o relatório da Royal Society (2004) traz como maiores preocupações os efeitos na saúde humana devido a maior reatividade de partículas na nanoescala pela sua maior área de superfície e pela maior capacidade de penetrar células. O relatório recomenda que fabricantes façam estudos sobre o risco potencial de exposição (tanto de consumidores como de trabalhadores) e torne esses resultados disponíveis para os órgãos reguladores relevantes.

Mayypan (2010) fala que essas preocupações quanto aos riscos da nanotecnologia podem causar uma rejeição do público quanto à mesma, prejudicando as empresas. Para isso, é necessário criar um ambiente de discussão e um fluxo de informações de modo a evitar informações erradas e distorcidas, como teria sido o caso dos transgênicos.

### 3.2.3 Panorama e impactos esperados da NT no Brasil

Por fim, o panorama da NT no país. Um estudo prospectivo sobre a nanotecnologia publicado pela Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2010) busca fazer um mapeamento da situação das diversas áreas da nanotecnologia, assim como fazer projeções sobre futuro próximo e que ações devem ser tomadas em cada área para que país avance nessa tecnologia.

O estudo divide os períodos em 2008-2010 (curto prazo), 2011-2015 (médio prazo) e 2016 até 2025 (longo prazo). Para o primeiro período, os setores de atividade mais impactados na economia brasileira pela nanotecnologia seriam o de Higiene, Perfumaria e Cosméticos, Biocombustível e o de Agroindústrias. No período de 2011 a 2015, o mais impactado seria o de Fabricação de Material Eletrônico e de Aparelhos e Equipamentos de Comunicações, seguido pelo setor de Medicina e Saúde. Outros setores afetados nesse período, mas em menor grau no Brasil seriam o de Gás Natural e Petroquímica, Biocombustíveis, Aeronáutico, Plásticos e Meio Ambiente.

O quadro 1 apresenta os principais setores afetados por ordem de impacto, assim como as áreas da nanotecnologia consideradas mais importantes para o seu desenvolvimento, indicando temas estratégicos que poderiam guiar as políticas de promoção da nanotecnologia. O período de análise é de 2011 a 2015.

QUADRO 1 – PREVISÃO DOS SETORES MAIS IMPACTADOS PELA NT E PRINCIPAIS ÁREAS DA NT POR SETOR IMPACTADO NO BRASIL

SETOR (POR ORDEM DE IMPACTO)	NANOTECNOLOGIAS MAIS RELEVANTES
<b>Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações</b>	Nanoeletrônica, nanofotônica, nanomateriais, nanoenergia e nanobiotecnologia
<b>Medicina e saúde</b>	Nanobiotecnologia, nanomateriais, nanofotônica e nanoeletrônica
<b>Higiene, perfumaria e cosméticos</b>	Nanobiotecnologia, nanomateriais, nanoambiente e nanofotônica
<b>Petróleo, gás natural e petroquímica</b>	Nanomateriais, nanoambiente, nanoenergia, nanoeletrônica e nanobiotecnologia
<b>Aeronáutico</b>	Nanomateriais, nanoeletrônica, nanoenergia, nanofotônica e nanoambiente
<b>Biocombustíveis</b>	Nanobiotecnologia, nanoambiente, nanoenergia, nanomateriais e nanoeletrônica
<b>Plásticos</b>	Nanomateriais, nanoambiente, nanobiotecnologia e nanoeletrônica
<b>Meio Ambiente</b>	Nanobiotecnologia, nanoambiente, nanomateriais e nanoenergia
<b>Agroindústrias</b>	Nanobiotecnologia e nanoambiente

Fontes: Adaptado pelo autor com base em ABDI (2010).

Pode-se ver a presença da área de nanomateriais em todos os setores, exceto no de Agroindústrias, mostrando sua importância na área - inclusive como tecnologia auxiliar em outras áreas da nanotecnologia. As áreas de nanoeletrônica e nanobiotecnologia também são consideradas como de alto impacto em uma grande variedade de setores, indicando sua importância estratégica para a formulação de políticas de promoção à nanotecnologia menos genéricas e mais focadas nas necessidades e potenciais do Brasil.

O referido estudo ABDI (2010) ainda aponta como principais áreas de desenvolvimento atual: os nanomateriais, a nanoeletrônica, nanofotônica, nanobiotecnologia, nanoenergia e nanoambiente. As áreas estão apresentadas assim:

- Nanomateriais: materiais com componentes menores que 100 nm. Destacam-se os nanotubos e as nanopartículas. Eles já estão presentes em diferentes setores, da eletrônica aos fármacos. Semicondutores nanoestruturados estão presentes em computadores pessoais e nanoestruturas como pontos quânticos são responsáveis por lasers e dispositivos emissores de luz LEDs. Também existem usos no mercado de tintas, cosméticos, partes de automóveis feitas com nanocompósitos, vidros autolimpantes e revestimento de ferramentas de corte industriais.

- Nanoeletrônica: aplicação de nanotecnologia a dispositivos eletrônicos, como microprocessadores. Abrange também dispositivos em nanoescala que agem como sensores. No mundo, em estágio de inovação se encontram as células solares com nanocompósitos e displays OLEDs com nano, entre outros.

- Nanofotônica: interação da luz com a matéria em escala nanométrica. Engloba produtos como displays, LEDs, dispositivos para transmissão, processamento e armazenamento de dados, lasers e sensores fotônicos.

- Nanobiotecnologia: área de fronteira entre nanotecnologia e biotecnologia. Envolve o desenvolvimento de motores moleculares, engenharia de tecidos e dispositivos celulares para aplicação em liberação controlada de substâncias, sensoriamento e imageamento molecular, dispositivos para diagnóstico, etc.

As empresas dos setores farmacêutico e cosmético têm adotado diferentes estratégias para melhorar a eficácia terapêutica, biodisponibilidade, solubilidade e redução de doses de vários medicamentos por meio da manipulação física dos fármacos, essa deverá ser a trajetória futura. Linhas como *delivery* de vacinas e genes, liberação controlada de fármacos, especialmente para o direcionamento ao cérebro e tratamento de cânceres, assim como biossensores são as de desenvolvimento mais promissoras, trazendo tratamentos e procedimentos menos invasivos e mais eficientes. Embalagens funcionais são outro destaque.

Nanoenergia: estudo de dispositivos em nanoescala para geração de energia, transmissão, uso e armazenamento em aplicações baseadas em elétrica, hidrogênio, solar ou biocombustíveis.

Nanoambiente: interações entre nanoestruturas e o meio ambiente, tendo em vista o desenvolvimento de dispositivos e processos para o controle de poluição, remediação,

tratamento de resíduos e gestão ambiental, bem como estudos de toxicidade e bioacumulação, para avaliar os riscos advindos da NT.

Para o caso específico do Brasil, tem-se como promessas (ABDI, 2010):

- Nanomateriais: o Brasil possui uma base científico-tecnológica que permite ao país acompanhar a fronteira de conhecimento na área, com pesquisas de alta qualidade em vários tópicos, especialmente nanopartículas e revestimentos. A projeção é de crescimento na oferta, especialmente para a eletrônica, que deverá ser atendida por importações.

Os desenvolvimentos futuros dos nanomateriais dependerão do aumento da compreensão da relação estrutura-propriedade resultante do avanço das técnicas de nanociências e a possibilidade de maior controle na preparação de materiais nanoestruturados.

- Nanoeletrônica: avanços nas áreas de dispositivos de memória, processadores, sensores displays e células solares deverão afetar setores variados, como o aeroespacial, automotivo, fabricação de material eletrônico, automação, energia, petróleo e gás e petroquímica. Semicondutores orgânicos e inorgânicos também estão entre os tópicos que se destacam.

A evolução da nanoeletrônica deverá seguir duas vertentes: uma de integração de dispositivos com uso de novos materiais e outra com novos dispositivos inovadores explorando outras características além da carga do elétron. Além de desenvolvimentos em processadores, ela desempenhará papel decisivo em dispositivos eletrônicos utilizados em aplicações específicas como transmissão de energia, controles eletrônicos, dispositivos de potência, LEDs baseados em nanocristais, para citar alguns exemplos.

- Nanofotônica: displays, LEDs orgânicos e inorgânicos, dispositivos optoeletrônicos voltados para a transmissão, processamento, armazenamento de dados de natureza clássica e quântica; outros dispositivos optoeletrônicos, como lasers, fotodetectores, chaveadores, atuadores, e outros nanodispositivos que usam luz e eletrônica em nanoescala; células eletrônicas e sensores fotônicos.

- Nanobiotecnologia: entre os tópicos mais promissores estão os materiais nanoestruturados biocompatíveis com aplicação na produção de órgãos para transplantes, produção de insumos e próteses, etc. Outro seriam os sistemas de entrega e liberação controlada de fármacos e cosméticos. Biossensores permitem sondas inteligentes *in vivo* e *lab-on-a-chip*, revolucionando a medicina diagnóstica e a agricultura de precisão. Imageamento molecular, materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, como liberação controlada de fertilizantes e defensivos, revestimentos e filmes biofuncionais e nanorrobôs complementam o quadro de promessas da nanobiotecnologia.

Entre os maiores gargalos na área estão o desenvolvimento de materiais biocompatíveis e que não sejam seguros e não tóxicos para seres vivos e meio ambiente. O relatório traz uma previsão de US\$ 3,4 bilhões de vendas de produtos terapêuticos com base nanotecnológica em 2015, especialmente sistemas de liberação controlada de drogas e nanorrevestimentos biocompatíveis para implantes médicos e odontológicos.

As áreas de nanoambiente e nanoenergia não possuem tantas previsões explícitas no relatório, mas potencial pode ser verificado através dos artigos citados anteriormente.

Agora voltando à atenção para as empresas envolvidas em nanotecnologia no Brasil. A evolução do número de empresas e suas atividades em NT pode ser analisada pela comparação de duas edições consecutivas da Pesquisa de Inovação – PINTEC, a pesquisa oficial do Brasil na área realizada trienalmente pelo IBGE. As PINTECs escolhidas foram a de 2011 (IBGE, 2013), que cobriu as atividades inovativas das empresas entre 2009 e 2011 e a PINTEC 2014 (IBGE, 2016), que cobriu o período de 2012 a 2014.

Um problema que pode surgir ao utilizar essa pesquisa como base para a análise da nanotecnologia é que a amostragem da PINTEC foca em empresas com dez ou mais funcionários, sendo que pela nanotecnologia ser uma tecnologia emergente provavelmente possui muitas empresas novas, algumas delas pequenas *spin offs* ou empresas incubadas. Assim, essas informações, apesar de serem o melhor levantamento sistemático sobre empresas e suas atividades em NT existente, devem ser olhadas com certa cautela.

A tabela 1 abaixo compara as seguintes variáveis da pesquisa: a taxa geral de inovação das empresas no Brasil, o número de empresas com alguma atividade envolvendo NT no período coberto, a proporção dessas empresas que introduziram uma inovação, seja de processo ou produto no período, envolvendo ou não NT e por fim o modo como as empresas usaram a NT.

Os modos como as empresas utilizam a nanotecnologia foram classificados em cinco categorias não excludentes: usuárias, que não produzem a nanotecnologia, mas a incorporam em seus produtos e processos, se subdividindo em empresas usuárias finais, que agregam a NT em produtos que são destinados para consumidores finais e as usuárias integradoras que incorporam a NT em algum estágio intermediário da cadeia de um produto ou processo, mas que não vendem para consumidores finais. A outra categoria é a das empresas que produzem nanotecnologias e geralmente as vendem para as empresas usuárias, finalizando com a categoria das empresas que realizaram atividades de P&D de produtos, insumos ou processos nanotecnológicos, mas não necessariamente produzem algo na área ou mesmo incorporam em seus produtos. O fato das categorias não serem excludentes faz com que seja possível que

uma empresa realize P&D e já produza alguma nanotecnologia ou mesmo que uma empresa realize esse P&D visando desenvolver alguma nanotecnologia para substituir fornecedores e iniciar sua produção interna na área, por exemplo.

TABELA 1 – EVOLUÇÃO DAS EMPRESAS ENVOLVIDAS EM NT NO BRASIL

<b>VARIÁVEL</b>	<b>PINTEC 2011 (2009-2011)</b>	<b>PINTEC 2014 (2012-2014)</b>
<b>Taxa geral de inovação</b>	35,7%	36%
<b>Número de empresas com atividades em NT</b>	1.132 (2,34% do total da amostra)	975 (1,8% do total da amostra)
<b>Variação do número de empresas</b>	135,2% de aumento em relação a PINTEC 2008	13,8% de queda em relação a PINTEC 2011
<b>Número de empresas inovadoras com atividades em NT</b>	975 (86,1% das empresas com atividades na área)	870 (89,2% das empresas com atividades na área)
<b>Empresas usuárias finais de NT</b>	563 (57,7% das inovadoras)	527 (60,6% das inovadoras)
<b>Empresas usuárias intermediárias</b>	317 (32,5%)	223 (25,7%)
<b>Empresas produtoras de NT</b>	66 (6,8%)	133 (15,3%)
<b>Empresas com P&amp;D na área</b>	123 (12,6%)	159 (18,3%)
<b>Empresas que produziram NT e fizeram P&amp;D ao mesmo tempo</b>	24	32

Fontes: Elaborado pelo autor com base em IBGE (2013) e IBGE (2016).

A partir da análise da tabela acima, pode-se inferir que houve uma queda significativa no número de empresas com atividades em NT entre as pesquisas, o que é surpreendente, já que a PINTEC de 2011 apontou que o número de empresas com atividades na área em seu período de análise havia mais que dobrado em relação a PINTEC anterior, de 2008 (IBGE, 2010). Outra constatação é que as empresas com atividades na área tendem a ser muito mais inovativas que as empresas em geral, seja através de inovações com NT ou não, suas taxas nas duas pesquisas são mais que o dobro das taxas gerais de inovação.

Quanto à comparação entre os modos de uso da NT pelas empresas, somente possíveis para essas PINTECs, vê-se que as taxas e número de empresas usuárias finais permaneceu estável, enquanto a de usuárias intermediárias caiu. Outro fato interessante é o grande aumento nas taxas e número de empresas que produzem NT e nas que realizam P&D na pesquisa mais recente. Entre as produtoras, o aumento foi de quase três vezes, podendo indicar que as empresas brasileiras estão ofertando mais produtos em NT, assim como que algumas migraram da fase de P&D para a de produção na área. A taxa de crescimento na categoria de empresas com P&D na área foram menos expressivas, mas mesmo assim significativa. A PINTEC 2014 aponta fatos interessantes. Apesar da diminuição do número de

empresas com atividades na área no Brasil, o número e taxa de empresas que produzem NT e realizam P&D na área aumentou expressivamente.

O quadro abaixo traz a divisão das empresas com atividades em NT por seu setor de atividades principal segundo a CNAE 2.0 (abordada a diante) segundo as PINTECs.

QUADRO 2 – EMPRESAS ENVOLVIDAS EM NT POR SETOR DE ATIVIDADE PRINCIPAL

EMPRESAS	PINTEC 2011	PINTEC 2014
<b>Com atividades em NT</b>	Fabricação de Artigos de Borracha e Plástico (209 empresas); Fabricação de Produtos de Metal (152); Fabricação de Produtos Químicos (142)	Fabricação de produtos químicos (166); Fabricação de produtos de minerais não metálicos (142); Fabricação de produtos de metal (145)
<b>Produtoras de NT</b>	Fabricação de Produtos Químicos (29), com ênfase na categoria Fabricação de Resinas e Elastômeros, Fibras Artificiais e Sintéticas, Defensivos Agrícolas e Desinfetantes Domissanitários (16). Nenhuma outra categoria com 10 ou mais empresas.	Fabricação de produtos químicos (45); Fabricação de equipamento de informática, produtos eletrônicos e ópticos (44); Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal (11)
<b>Com P&amp;D em NT</b>	Fabricação de produtos químicos (21); Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados (15); Fabricação de produtos de borracha e plástico (13)	Fabricação de produtos químicos (54 empresas); Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, acas e produtos afins e produtos diversos (15); Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (11)
<b>Produtoras e que fizeram P&amp;D em NT</b>	Fabricação de produtos químicos (6); Fabricação de artigos de borracha e plástico (5); Fabricação de produtos de minerais não metálicos (5)	Fabricação de produtos químicos (16); Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal (16); Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (5)

Fontes: Elaborado pelo autor com base em IBGE (2013) e IBGE (2016).

Há uma concentração das empresas nos setores voltados para a fabricação de produtos químicos. Também há incorporação da NT em setores de fabricação de produtos de metal e de minerais não metálicos. As empresas produtoras e com P&D em NT apresentam setores variados, com liderança do setor de Fabricação de Produtos Químicos em todas as categorias.

Por fim, a análise da distribuição das empresas com atividades em NT por setor econômico e porte, medido por faixas de pessoal ocupado na PINTEC 2014 encontra-se na tabela abaixo.

TABELA 2 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS EMPRESAS INOVADORAS COM ATIVIDADES EM NT EM RELAÇÃO AO TOTAL DE INOVADORAS ENTRE 2012 E 2014 POR FAIXA DE PESSOAL OCUPADO

FAIXAS DE PESSOAL OCUPADO	INDÚSTRIA	ELETRICIDADE E GÁS	SERVIÇOS SELECIONADOS
<b>TOTAL</b>	2,0	2,9	0,5
<b>De 10 a 29</b>	1,2	0,0	0,4



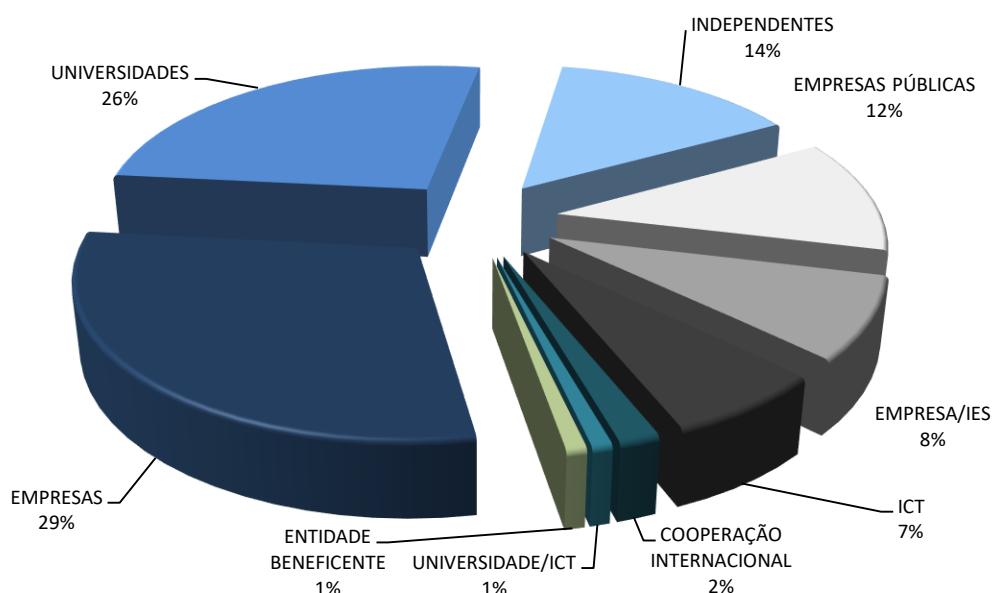
<b>De 30 a 49</b>	1,9	0,0	0,0
<b>De 50 a 99</b>	1,8	0,0	0,3
<b>De 100 a 249</b>	4,5	0,0	0,8
<b>De 250 a 499</b>	5,1	0,0	1,6
<b>Com 500 ou mais</b>	9,5	10,1	4,8

Fonte: Elaborado pelo autor com base em IBGE (2016)

Pode-se observar um aumento na propensão das empresas em possuir atividades em nanotecnologia conforme se aumenta o tamanho das mesmas. Empresas grandes nos setores de Eletricidade e Gás e Serviços Seleccionados possuem uma probabilidade de possuir atividades em NT muito maior que as empresas menores. Os serviços seleccionados pela pesquisa são aqueles intensivos em conhecimento. No caso da NT, ela concentrou-se principalmente nos setores de telecomunicações; serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas e pesquisa e desenvolvimento.

Em termos de geração de novas tecnologias no país, Silva (2012) diz que entre 2004 e 2009 193 patentes na área de nanotecnologia foram depositadas no Brasil, sendo 74 por não residentes (empresas, indivíduos, universidades) e 119 por residentes. Abaixo, a distribuição das patentes de residentes por tipo de ator.

GRÁFICO 11 – PATENTES EM NANOTECNOLOGIA DEPOSITADAS POR RESIDENTES NO BRASIL ENTRE 2004 E 2009 POR TIPO DE ATOR



Fonte: Silva (2012).

Pode-se ver uma concentração no grupo de empresas e universidades, que juntas representaram 55% dos depósitos. Inventores independentes e empresas públicas seguiram na lista dos atores.

Em termos de campos temáticos dentro da nanotecnologia, tanto os residentes como os não residentes possuem mais da metade de suas patentes no campo dos Nanomateriais. Entre os residentes, o campo da Medicina e Biotecnologia também ganha destaque com 36% das patentes. Para os atores não residentes, há uma maior dispersão entre os campos temáticos, com Medição e Fabricação em segundo lugar (14%), seguido por Medicina e Biotecnologia com 10% (ibidem).

### 3.3 POLÍTICA DE FOMENTO À INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA

Passamos agora a um exercício de síntese das principais tendências da política de fomento à nanotecnologia no mundo e das iniciativas mais proeminentes no Brasil de forma a contextualizar o pano de fundo para a análise dos programas financeiros de fomento, objeto do próximo capítulo.

#### 3.3.1 Iniciativas pioneiras no mundo e sua evolução

Os Estados Unidos da América, o Japão e alguns países da União Europeia foram os pioneiros no fomento à nanotecnologia. Contudo, países emergentes como a China têm aumentado seus investimentos na área.

Kennedy (2011) discorre que a nanotecnologia ainda está em seus estágios iniciais, com a maioria das suas aplicações comerciais de grande valor décadas à frente, sendo necessários avanços na pesquisa básica e aplicada. Assim, o financiamento governamental naturalmente ainda responde por uma grande proporção do gasto em P&D na área.

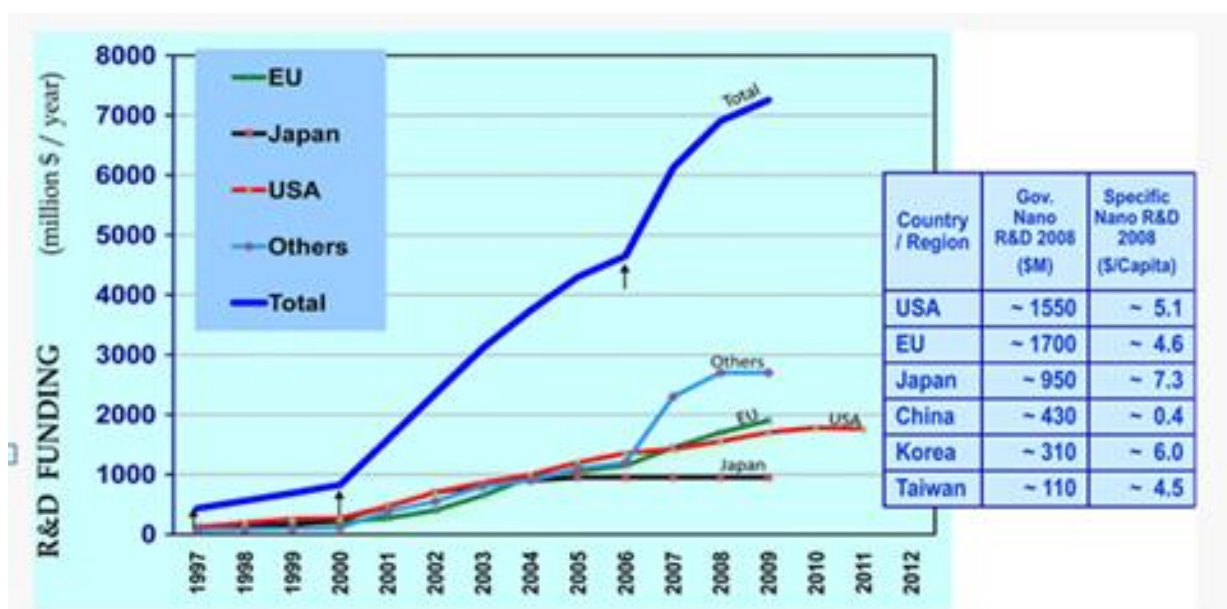
A criação de iniciativas consistentes de fomento a essa área dependia segundo Roco (2011) de uma definição clara do que seria a NT e da construção de uma visão de longo prazo sobre a mesma. Com o avanço dessas questões, foi possível a criação da *National Nanotechnology Initiative* – NNI em janeiro de 2000 nos EUA. O objetivo inicial da NNI era preencher a lacuna de conhecimento básico sobre a estrutura e comportamento da matéria em nível nanométrico, assim como antecipar as novas aplicações da nanotecnologia. Iniciativas parecidas foram logo sendo lançadas em outros países, como no Japão (abril de 2001), Coreia

do Sul (julho de 2001), a Comunidade Europeia (março de 2002), Alemanha (maio de 2002) e Taiwan (setembro de 2002). Mais de 60 países estabeleceram programas nacionais na área entre 2001 e 2004, em parte inspirados ou motivados pelo NNI.

Kennedy (2011) versa que a NNI congrega ações de vinte e cinco agências governamentais, sendo que treze delas possuem orçamentos contendo gastos de P&D em nanotecnologia. A NNI ainda foi responsável pela instalação de uma infraestrutura de mais de trinta e cinco instituições de pesquisa básica na área, que procuram facilitar a transferência de tecnologias para o setor produtivo.

Segundo Roco (2011), durante o período de 10 anos, de 2001 a 2010, uma comunidade pujante de 150 mil colaboradores emergiu nos EUA, com uma infraestrutura flexível de P&D de cerca de 100 grandes centros orientados para a nanotecnologia, redes e instalações para usuários, com uma base industrial de cerca de 3000 empresas produzindo produtos na área e crescendo foi construída com sucesso no país. O gráfico abaixo traz a evolução dos gastos públicos em P&D para os países mais significativos, assim como os gastos per capita na área.

GRÁFICO 12 – GASTOS NACIONAIS EM P&D EM NANOTECNOLOGIA DOS PAÍSES SELECIONADOS E GASTOS PER CAPITA NA ÁREA



Fonte: Roco (2011)

Nota-se claramente a expansão contínua dos gastos públicos na área (linha azul), assim como a estabilidade dos gastos do Japão, o crescimento dos da União Europeia acima dos gastos americanos em 2007 e o grande crescimento do gasto dos outros países (China,

Coreia do Sul, Taiwan e outros) a partir de 2006. Em termos de gasto público per capita, o Japão está na liderança, seguido pela Coreia do Sul.

Shapira e Youtie (2011) informam que até 2010 mais de 60 países criaram programas de fomento à nanotecnologia, acompanhando a explosão de P&D na área nos anos 2000. Após uma década de estímulos, chegou-se a um ponto de inflexão nessa trajetória nos EUA. Maiores investimentos públicos na área precisam agora considerar cada vez mais o processo e viabilidade da comercialização desse conhecimento.

As autoras apontam ainda que, com exceção da China, poucos países em desenvolvimento avançaram na pesquisa e comercialização da nanotecnologia.

Motoyama, Appelbaum e Parker (2011) argumentam que a NNI representa uma espécie de política industrial ‘oculta’ do governo americano por focar no aumento da competitividade do país e na manutenção da liderança científica e tecnológica na área, que se vê ameaçada pela criação de programas de fomento parecidos em outros países. Apesar do foco no fortalecimento da competitividade industrial, a maioria dos recursos continua fluindo para universidades e laboratórios governamentais, com o papel que o governo deve ter no estímulo à comercialização desses avanços ainda incerto. A NNI teria surgido em um momento de mudança na orientação das políticas de ciência e tecnologia americanas, de uma preocupação com questões geopolíticas do contexto da Guerra Fria para questões de competitividade em um mundo crescentemente globalizado.

As aplicações em nanotecnologia estão a 10 ou 20 anos de atingirem mercados comercialmente significativos, já que a indústria costuma trabalhar com produtos que são competitivos em três ou cinco anos. Apesar do enfoque em aplicações comerciais, somente entre 5% a 7% do orçamento da NNI foi destinado para empresas, seja através de subsídios à P&D ou a programas de transferência de tecnologias, ambos voltados para pequenas empresas (idem).

Segundo Sargent (2012), o gasto anual total mundial em P&D em nanotecnologia alcançou US\$ 17,8 bilhões, sendo US\$ 8,2 bilhões recursos públicos e US\$ 9,6 bilhões privadas. Os gastos privados ultrapassaram os públicos, o que demonstra o avanço da nanotecnologia em sua linha de maturidade. Contudo, dados econômicos tradicionais para medir a competitividade dos países nessa tecnologia não são ainda possíveis pela sua pouca difusão na estrutura industrial. Indicadores ainda são baseados em insumos (gasto com P&D) e produtos não financeiros, como artigos e patentes. Por esses critérios, os EUA são líderes globais em nanotecnologia. O P&D privado no país é estimado em cerca de duas vezes o público, indicando uma maturidade das empresas do país nesse momento em continuar

desenvolvendo essa tecnologia. Apesar disso, outros países estão relativamente próximos, muito mais que durante as tecnologias emergentes anteriores.

Como visto acima, as primeiras iniciativas datam do começo do século e já possuem uma trajetória de dezesseis anos. Vários países seguiram o exemplo dos EUA e lançaram suas próprias iniciativas, com diferentes formatos e tamanhos. A seguir, falaremos das primeiras iniciativas no Brasil.

### 3.3.2 O início das discussões e a evolução da política de promoção da nanotecnologia no Brasil

O país procurou desde cedo construir medidas de fomento à nanotecnologia. Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) trazem uma síntese da política de promoção da NT no Brasil, complementada para o período entre 2002 e 2005 com o relatório oficial Nanotecnologia: Investimentos, Resultados e Demandas MCT de 2006 (MCT, 2006). O quadro 3 apresenta uma cronologia das primeiras iniciativas de fomento na área no país.

Como se pode ver, as discussões na arena política sobre essa tecnologia iniciaram em 2000, ano do lançamento da NNI nos EUA. O debate continuou de forma mais estruturada em 2001, culminando com o lançamento de dois editais nesse ano – um para a constituição de redes de pesquisa na área e outro para a criação de institutos de pesquisa voltados para a NT. 2002 foi um ano sem medidas, ao contrário de 2003 – onde a discussão resultou na criação de um plano para a área a ser incluído no PPA – Plano Plurianual<sup>2</sup> do ano seguinte. Em 2004 houve a primeira ação de fomento empresarial voltada para a área da FINEP, seguida por ações em 2005 e 2006.

QUADRO 3 – PRIMEIRAS INICIATIVAS DE FOMENTO À NANOTECNOLOGIA NO BRASIL

ANO	MEDIDAS	DETALHES
<b>2000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNPq organiza o <i>workshop</i> “Tendências em Nanociências e Nanotecnologias”. Leva a consenso quanto à necessidade de um programa de estímulo na área;</li> <li>- A partir deste <i>workshop</i>, há a criação de um grupo de trabalho para o mapeamento das competências brasileiras em NT e elaboração de uma agenda.</li> </ul>	<i>Workshop</i> : 32 pesquisadores de variadas áreas das ciências físicas e naturais, assim como engenharias.
<b>2001</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chamada CNPq 01/2001 para a criação de redes cooperativas de pesquisa em: Materiais Nanoestruturados, Nanotecnologia Molecular e Interfaces, Nanobiotecnologia e Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados;</li> <li>- Criação de quatro Institutos do Milênio: Instituto de Nanociências, Instituto do Milênio de Materiais Complexos,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes: NANOBIOTEC, NANOMAT, NANOSEMIMAT E RENAMI beneficiadas com R\$ 3 milhões, contendo mais de 300 pesquisadores e 600 doutorandos.</li> <li>- Institutos: R\$ 22,5 milhões</li> </ul>

<sup>2</sup> Plano Plurianual é a principal peça de planejamento dos governos no Brasil, realizados a cada quatro anos.

ANO	MEDIDAS	DETALHES
	<p>Rede de Pesquisa em Sistemas em Chips, Microsistemas e Nanoeletrônica e o Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos.</p> <p>Brasil se torna o primeiro país da América Latina a ter medidas específicas para a área.</p>	destinados para os quatro, com valores parecidos entre eles.
<b>2002</b>	-	-
<b>2003</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesquisadores e técnicos do MCT (hoje MCTIC) começam a discutir o “Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia”, que serviu de base para inclusão da NT no Plano Plurianual de 2004-2007 do MCTI no ano seguinte;</li> <li>- Renovação do apoio às Redes Nacionais de Nanotecnologia;</li> <li>- Chamadas CNPq: CT-Petro 01/03, CT-Energia 01/03, CT-FVA 01/03 (para redes cooperativas universidade-empresa) contendo projetos de P&amp;D com NT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes: renovação de R\$ 5 milhões, valor maior que anterior.</li> <li>- Chamadas: CT-Petro: R\$ 2,1 milhões e 17 projetos. CT-Energia: R\$ 3 milhões e 15 projetos. CT-FVA: R\$ 1,5 milhão e 33 redes apoiadas. Total R\$ 6,7 milhões.</li> </ul>
<b>2004</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Início do programa de “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” no PPA 2004-2007;</li> <li>- O documento base da política de desenvolvimento, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior - PITCE, considera a NT como “área portadora de futuro”;</li> <li>- Chamadas CNPq 12/04 (pesquisa cooperativa) e 13/04 (estudo de impactos da NT);</li> <li>- Edital FINEP 01/04 Nanotecnologia (pesquisa cooperativa ICT e empresas) de R\$ 930 mil, apoiando seis projetos;</li> <li>- Renovação do apoio às Redes de Pesquisa em NT (R\$ 1,8 milhões);</li> <li>- Ação de apoio a laboratórios e redes LNLS (R\$ 2 milhões);</li> <li>- Apoio a eventos científicos na área com R\$ 70 mil;</li> </ul> <p>As medidas acima representam o expresso no PPA 2004-2007 para o ano de 2004, totalizando R\$ 8,4 milhões.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Editais dos Fundos Setoriais CNPq CT-Energia 18/04 e CT-FVA 01/03 (2ª fase) para apoio às redes cooperativas.</li> <li>- Chamadas do programa de fomento RHAIE seguindo orientações da PITCE, sendo a NT uma área estratégica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNPq 12/04 teve R\$ 3,5 milhões de recursos e 13 projetos. CNPq 13/04 teve R\$ 100 mil e 5 projetos.</li> <li>- Edital CNPq CT-Energia 18/04 teve R\$ 4,1 milhões de recursos e apoiou 22 projetos. CNPq CT-FVA 01/03 (2ª fase) teve recursos de R\$ 5 milhões e apoiou 20 redes de pesquisa. O gasto total a partir dos Fundos Setoriais foi de R\$ 9,1 milhões.</li> </ul>
<b>2005</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia;</li> <li>- Chamadas CNPq: 28/05 para jovens pesquisadores, 29/03 Rede BrasilNano, 31/03 Cooperação de pesquisa com a França, 58/05 apoio à incubadoras envolvendo NT, 01/05 Institutos do Milênio;</li> <li>- Encomendas de Laboratórios Estratégicos e nacionais no valor de R\$ 58,6 milhões;</li> <li>- FINEP 01/05 Microeletrônica (podendo envolver NT) e 03/05 voltada para Nanotecnologia em projetos cooperativos de ICTs e empresas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNPq: 28/05 R\$ 3 milhões e 19 projetos, 29/05 R\$ 12 milhões e 10 redes, 31/05 R\$ 300 mil e 5 projetos, 58/05 R\$ 1 milhão e 11 projetos, 01/05 R\$ 13,5 milhões e 5 propostas.</li> <li>- FINEP 01/05 R\$ 8 milhões e 14 projetos (não necessariamente com NT), 03/05 específico para NT, R\$ 10,5 milhões, sendo R\$ 4,2 milhões demandados e 9 projetos.</li> </ul>
<b>2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNPq: Apoio a projetos de pesquisa de 32 jovens doutores, apoio a 8 projetos de melhora de infraestrutura laboratorial e apoio à continuidades das 10 redes de pesquisa BrasilNano;</li> <li>- FINEP: Apoio a 12 projetos de subvenção à empresas FINEP e a 10 projetos cooperativos ICT e empresas;</li> <li>- Início das atividades do Centro Brasil-Argentina de Nanotecnologia – CBAN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jovens doutores (R\$ 1,8 milhões), infraestrutura laboratorial (R\$ 3,9 milhões) e BrasilNano (R\$3,6 milhões).</li> <li>- Subvenção R\$ 15,6 milhões (previsto 30 milhões) e R\$ R\$ 3,5 milhões para projetos ICT e empresas.</li> </ul>

Fonte: Elaborado com base em Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) e MCT (2006).

Entendendo melhor as medidas apresentadas no quadro acima, Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) salientam a importância do Programa Nacional de Nanotecnologia – PNN criado

em 2005 pelo então Presidente Lula, articulado com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE de 2004 (SALERNO; DAHER, 2006), em que a nanotecnologia foi considerada uma ‘tecnologia portadora de futuro’. O PNN foi o primeiro programa estruturado de promoção da nanotecnologia no Brasil.

As políticas de ciência, tecnologia e inovação são relacionadas com políticas maiores, como a política industrial e a de desenvolvimento de um país. No Brasil, planos mais robustos de política industrial começaram em 2004 com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior - PITCE, seguida pela Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP (CNI, 2009) e pelo Plano Brasil Maior (ABDI, 2016), esse já no primeiro governo Dilma.

No documento de Diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE (ADBI, 2003), a nanotecnologia foi considerada uma das tecnologias portadoras de futuro, junto com a biotecnologia e as energias renováveis/biomassa. O documento ressalta a importância de o país acompanhar a evolução das tecnologias mais dinâmicas de modo a diminuir o déficit comercial em produtos de alta tecnologia no médio prazo.

A nanotecnologia e a nanociência foram incluídas no PPA 2004 – 2007 (CÂMARA, 2016) ao mencionar ações de: (a) Apoio a Redes e Laboratórios de Nanotecnologia (R\$28,5 milhões), (b) Fomento a Projetos Institucionais de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia (R\$4,5 milhões) e (c) Gestão e Administração do Programa (R\$ 4 milhões).

Ao analisar o Programa Nacional em Nanotecnologia – PNN, Gordon (2010) ressalta que este consistiu nas ações elencadas acima do PPA 2004-2007 com uma série de ações dos Fundos Setoriais, viabilizadas por ações transversais, como: apoio a jovens pesquisadores, programa de Laboratórios Nacionais e Estratégicos, Cooperação entre empresas e instituições de pesquisa, redes de pesquisa, desenvolvimento e inovação, cooperação internacional, incubadoras de empresas e editoração de materiais para a divulgação da NT (mais detalhes das medidas no quadro acima). Segundo o autor, as medidas, tanto as dispostas no PPA quanto as ações dos Fundos Setoriais foram muito parecidas, focando no apoio a laboratórios, pesquisadores, na cooperação entre ICTs e empresas e em menor grau incubação e empresas. A preocupação foi a de construir um arcabouço científico na área e melhorar a cooperação entre o setor de pesquisa e o produtivo.

A crítica seria no sentido de que, apesar da ciência e formação de pessoal qualificado serem importantes, o processo inovativo é mais amplo que isso. Apesar da NT ser dependente de avanços científicos, os programas de fomento também deveriam considerar outros aspectos

que não a produção de ciência. A preocupação com o setor produtivo costuma ser feita através de ações para empresas nascentes (incubação) ou associações entre ICTs e empresas, o que limita a capacidade dessas políticas. O PNN parece, segundo o autor, ser prioritariamente uma política científica e em menor grau tecnológica (GORDON, 2010).

Salerno e Daher (2006) destacam a inclusão da nanotecnologia como um dos temas prioritários na primeira chamada do recém-fundado programa de Subvenção à Inovação da FINEP em 2006, indicando um alinhamento deste com a PITCE. O apoio a NT em editais da FINEP e CNPq antes de 2006, assim como os grandes investimentos em equipamentos para laboratórios e em redes de pesquisa reforçam a ideia de que a NT foi considerada relevante nesse período.

O PACTI – Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação de 2007 a 2010 (MCT, 2007), sob a égide do então MCT, considerava a Nanotecnologia uma tecnologia portadora de futuro, assim como a PITCE. O plano previa: fortalecimento da gestão e planejamento público nas áreas de modo a identificar os desafios e oportunidade do país; estabelecer prioridades e condições institucionais, materiais e de recursos humanos para agilizar o processo de transferência de conhecimento e favorecer o aumento da competitividade de empresas nacionais conforme o PDP pela incorporação da bio e nanotecnologia em produtos e processos.

Gordon (2010) critica as medidas do PACTI para a nanotecnologia por serem muito baseadas em uma visão linear da inovação, na qual a pesquisa básica levaria automaticamente à inovação. O papel das empresas ainda é muito limitado e ligado às suas relações com ICTs, formação de recursos humanos, parques tecnológicos e incubadoras de empresas. Isso delimita o apoio às ações empresariais próximas do sistema de ciência e tecnologia e privilegia empresas nascentes de alto conteúdo tecnológico. A mesma visão do PNN de foco na transferência de conhecimentos da academia para as firmas. Além disso, o PACTI se sobrepõe ao PNN por terem o mesmo foco na elaboração de uma infraestrutura adequada de C&T.

Para o autor, os setores destacados dentro da nanotecnologia - produtos alimentícios, biotecnologia, eletroeletrônico, aeroespacial, têxteis, metal mecânico e de energia (incluindo petróleo e gás) - são adequados porque já possuem base industrial instalada no país significativa. Contudo, a aplicação da NT nos mesmos é muito ampla, pulverizando os recursos. A política deveria focar em nanotecnologias aplicadas mais específicas (idem).

O PPA 2008-2011 (PLANEJAMENTO, 2008) destaca a importância do desenvolvimento de setores e tecnologias tidas como estratégicas – tecnologia da informação,



nanotecnologia, biotecnologia e outras áreas de fronteiras vitais, estruturantes do futuro. Ele toma como os principais mecanismos de promoção da inovação: projetos de cooperação entre ICTs e empresas, a subvenção econômica, apoio às incubadoras de empresas e parques tecnológicos, oferta de crédito equalizado para a inovação e fundos de capital de risco (VC) para empresas inovadoras.

No mesmo período, entrou em vigor a Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP, em substituição a PITCE como plano de política industrial nacional. Gordon (2010) explana que os objetivos da PDP em NT foram: desenvolver nichos de mercado com potencial de competitividade em materiais, eletrônicos, produtos médicos e farmacêuticos, equipamentos e ferramentas e tecidos nanoestruturados, assim como ampliar o acesso da indústria aos desenvolvimentos da nanotecnologia. Há uma clara preocupação com a inserção da NT no setor industrial, que foi mais sutil nos planos anteriores que possuíam um viés científico em suas medidas. O maior foco na capacitação científica fazia certo sentido para uma tecnologia ainda muito prematura, mas com tempo foco deveria mudar para como esses desenvolvimentos científicos se tornariam inovações.

As metas do PDP na área foram: investir R\$ 70 milhões em P,D&I e alcançar 100% dos investimentos privados previstos no PACTI. Os desafios complementares seriam: expandir a formação de RH especializado; incentivar empresas de base tecnológica, atrair investimento em P&D, apoiar centros de P&D no Brasil e adequar o marco legal na área.

Assim, o autor ressalta de que apesar do discurso mais focado no setor produtivo, as medidas do PDP, assim como dos planos anteriores, acabaram sendo voltadas para a formação de um arcabouço em nanociência. As medidas pouco estimulam investimentos privados, a não ser a de cooperação entre ICTs e empresas. Essa ênfase em uma parte restrita do sistema de inovação – o sistema de ciência e tecnologia está presente em todos esses planos, o que além de não garantir a transformação dos conhecimentos científicos em inovações, tende a causar sobreposições de políticas com objetivos muito parecidos, tornando esforços menos eficientes (idem).

Uma avaliação da política industrial seguinte, que começou em 2008, a Política de Desenvolvimento Produtivo - PDP foi feita pela CNI (2009). Nela, a nanotecnologia deveria ser objeto de programas mobilizadores em áreas estratégicas. O documento aponta a falta de um marco regulatório na área de nanotecnologia como um dos fatores que dificultaram maiores investimentos na área.

Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) consideram que com o PDP houve uma maior coordenação entre as agências do governo com o fim específico de facilitar a transferência de desenvolvimento científico ao setor produtivo em relação a PITCE.

Uma das principais medidas do período foi a criação dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia – INCTs. Silva (2012) discorre que em 2008 foram criados os INCTs, voltados para o desenvolvimento de longo prazo de áreas específicas. Eles articulam os melhores grupos de pesquisa na área, procurando ligar a pesquisa de ponta com as empresas. Dos 122 INCTs criados, 16 foram voltados para a NT ou alguma subárea desta em universidades de diferentes estados. Esses INCTs voltados para NT possuíam um corpo técnico-científico de mais de 730 doutores, mais de 410 mestres e aproximadamente 480 graduados e especialistas, além de mais de 330 pesquisadores associados. Fora os INCTs, o MCTIC ainda conta com 18 Unidades de Pesquisa e Institutos Tecnológicos, duas autarquias e uma organização social vinculada, todas voltadas para nanotecnologia. Fora do MCTI, o INMETRO e a EMBRAPA também possuem estrutura para pesquisas na área. Essas unidades de pesquisa contam com 208 doutores, 111 mestres e 126 graduados que trabalham direta ou indiretamente com a NT, assim como mais de 826 pesquisadores associados que utilizam a infraestrutura de pesquisa e possuem colaborações com suas equipes técnico-científicas. Isso demonstra a grande capacitação nacional em nanociência.

Em 2009, houve a criação do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, apoiando os objetivos do PDP, tendo quatro campos de trabalho: mercado, marco regulatório, cooperação internacional e formação de recursos humanos. No mesmo ano, Brasil e México firmaram um acordo para criar o Centro Virtual Brasileiro-Mexicano de Nanotecnologia – CBM Nano, parecido com o de cooperação com a Argentina. Algumas iniciativas de cooperação também ocorreram com outros países da América Latina (INVERNIZZI; KORBES; FUCK, 2011).

Em termos de política de C,T&I, teve lugar o PACTI – Programa de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT, 2007). Há a articulação de medidas no Programa de C,T&I para Nanotecnologia, composto por medidas expressas no PPA 2007-2010, no PACTI e no PDP. Os focos de ação na área foram: projetos de pesquisa básica; projetos de P,D&I entre ICTs e Empresas; formação de redes de pesquisa em nanotecnologia; infraestrutura de laboratórios (nacionais e regionais multiusuários); cooperação internacional; formação e capacitação de recursos humanos; apoio a empresas incubadas e subvenção econômica para as empresas.

Entre os principais resultados conquistados no período de vigência do plano (2007-2010) estão a implementação de seis laboratórios multiusuários na área, 175 projetos de pesquisa básica apoiados até 2010 e a formação de 376 alunos de pós-graduação.

Na esfera da política industrial, substituindo o PDP, o Plano Brasil Maior – PBM (ABDI, 2010) de 2011 a 2014 não contem uma menção à nanotecnologia em sua versão final. Contudo, uma nota técnica de Análise do Plano Brasil Maior (SENADO, 2013) previu o estímulo à nanotecnologia, junto com outras áreas como biotecnologia e energia nuclear. O foco deveria ser em elos relevantes para o país e com potencial competitivo na cadeia de inovação.

O PACTI foi substituído pela ENCTI – Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 (MCTI, 2012). Ela constata que apesar da produção científica brasileira ser significativa na área, o país fica atrás em termos de desenvolvimentos tecnológicos e inovações introduzidas. As estratégias propostas para superar esse quadro foram:

- 1) Consolidação da infraestrutura de laboratórios nacionais de nanotecnologia;
- 2) Apoio a redes temáticas e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) de nanotecnologia;
- 3) Apoio a projetos institucionais de P&D em nanotecnologia;
- 4) Criação de Programa de formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento da Nanotecnologia;
- 5) Apoio ao desenvolvimento industrial de produtos/processos nanotecnológicos;
- 6) Apoio à disseminação da nanotecnologia na sociedade; e
- 7) Apoio à Cooperação internacional em nanotecnologia.

Em termos de planos recentes e específicos para a área, Silva (2012) expõe que em 2012 foi lançada a Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia – IBN, voltada para a coordenação de esforços na área. A figura 2 abaixo expõe a estrutura da iniciativa, assim como suas principais medidas.

FIGURA 2 - ESTRUTURA DA INICIATIVA BRASILEIRA EM NANOTECNOLOGIA



Fonte: Silva (2012)

Uma medida que merece destaque e ganhou centralidade foi a criação do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia – SisNANO pela Portaria nº 245 de abril de 2012. Seu objetivo era prover infraestrutura de P&D e serviços técnicos para empresas e pesquisadores interessados, permitindo assim indiretamente uma maior interação entre os pesquisadores e usuários. O conceito é de laboratórios multiusuários, que são divididos em laboratórios estratégicos alinhados com a política de C,T&I, federais e instalados em unidades de pesquisa, devendo ofertar pelo menos 50% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos (inclusive empresas). A outra categoria é a dos Laboratórios Associados que são instalados em ICTs (inclusive universidades) e devem ofertar pelo menos 15% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos (idem).

Para o Plano Plurianual de 2012 a 2015 (MCTI, 2016), o MCTI pretendia ampliar para 120 o número de empresas que realizavam P&D em nanotecnologia em seus processos produtivos no Brasil, ampliar e consolidar as ações em nanometrologia e fomentar a P&D e inovação em NT. Os dados da PINTEC 2014 (IBGE, 2016) apontam que o número de

empresas com P&D em NT no Brasil no período (entre 2012 e 2014) era de 159, indo além da meta do PPA 2012-2015.

Para o ano de 2013 em particular, Silva (2012) traz que o MCTI previa investimentos da ordem de R\$ 111 milhões para a área, sendo R\$ 15 milhões para a formação de recursos humanos altamente qualificados, R\$ 30 milhões para a Subvenção Econômica, R\$ 60 milhões para a execução das ações do SisNANO e R\$ 6 milhões para as ações de P, D&I já previstas no orçamento ordinário.

O documento seguinte, publicado em 2016, foi a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2019 (MCTI, 2016). Também considerou a NT como uma das tecnologias que alterarão os processos produtivos das empresas de forma acentuada. A convergência entre NT, biotecnologia, tecnologia da informação e ciências cognitivas – a Convergência Tecnológica também foi destacada, assim como o potencial facilitador (*enabling*) da NT em outros domínios tecnológicos, apesar de não explicitar muitas medidas.

Vale destacar algumas análises feitas pela literatura quanto ao tema.

Peixoto (2013) traz que o programa Fundo Tecnológico – FUNTEC do BNDES, que faz empréstimos não reembolsáveis para ICTs com projetos em associação com empresas, não possui a NT entre suas tecnologias priorizadas explicitamente, mas considera que projetos que possuam NT ganham prioridade em relação aos que não possuem. A NT já apareceu explicitamente relacionada ao foco de Meio Ambiente através de soluções nano e biotecnológicas para o tratamento de resíduos, efluentes, águas e solos contaminados.

Nicolski *et al.* (2010), no relatório de atividades do Grupo de Trabalho em Mercado do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia de 2010, versa o BNDES não dispõe de linhas de financiamento específicas para a nanotecnologia, mas pode apoiá-la em outros programas.

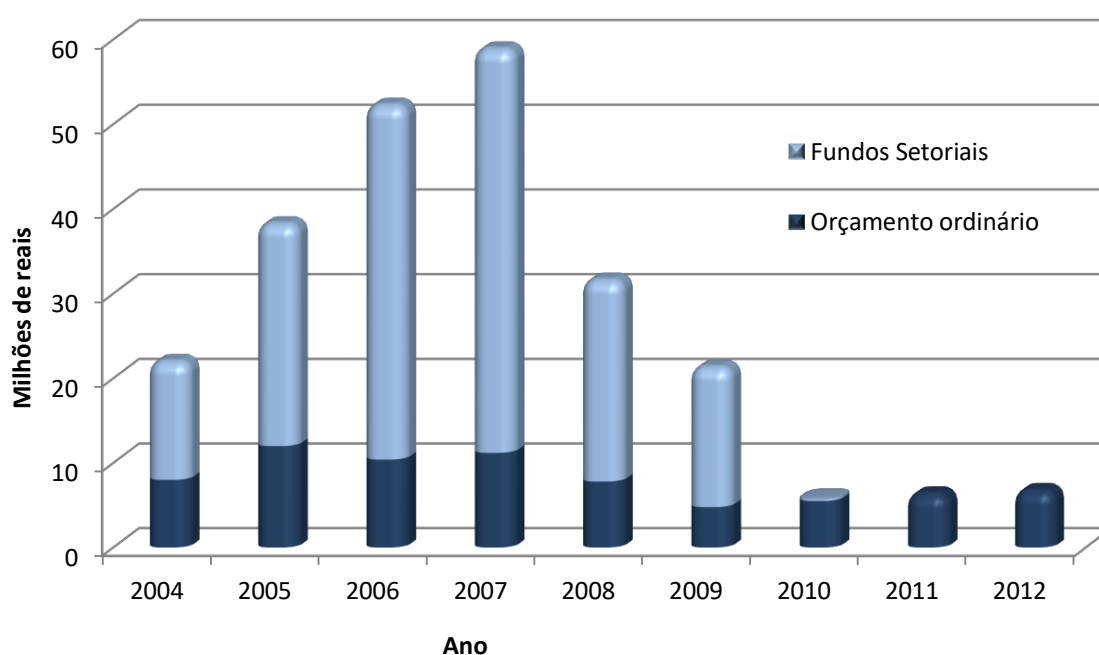
Invernizzi, Korbes e Fuck (2011) constataam a evolução da área no país promovida pela política ao olharem a formação de capital humano. Havia 192 pesquisadores dispersos atuando na área de nanotecnologia e nanociência no Brasil no período das primeiras medidas de fomento. Em 2010, eram mais de 3.000, incluindo 1.300 pesquisadores e 2.000 alunos de pós-graduação. Cursos de graduação e pós-graduação, assim como matérias e linhas de pesquisa na área foram sendo criados.

Os autores ainda ressaltam que entre 2004 e 2009, o MCT investiu cerca de R\$ 314 milhões na área, com maioria sendo destinado a melhorias de infraestrutura, formação de recursos humanos, projetos de pesquisa básica e projetos de P&D cooperativa. Para os autores, os principais instrumentos usados pelo governo no período para promover a P&D em NT nas empresas foram as chamadas cooperativas entre ICTs e empresas e a Subvenção

Econômica a empresas da FINEP, beneficiando empresas de todos os tamanhos (ibidem). Uma análise mais profunda desses programas será feita no capítulo seguinte.

Silva (2012) relata as duas fontes principais de recursos para essa política. A parte vinda do orçamento federal ordinário, a chamada Fonte 100, e outra parte financiada pelos Fundos Setoriais, que tiveram sua ação potencializada na área com a possibilidade a partir de 2004 de chamadas em temas transversais, como a nanotecnologia que não é objeto de um fundo específico. Decompondo os gastos na área entre 2004 e 2012 por fonte, tem-se:

GRÁFICO 13 - FONTES DOS RECURSOS PARA O FOMENTO À NT NO BRASIL



Fonte: Silva (2012)

Nota-se que o papel dos Fundos Setoriais no financiamento dos gastos em nanotecnologia cresceu acentuadamente até 2009, sendo 2007 o ano de pico. Em 2010, a contribuição dos Fundos Setoriais foi quase nula, sendo zero nos anos seguintes até 2012, pelo menos. Observa-se claramente a diminuição dos recursos para a área já em 2008 e mais acentuadamente após 2010. Analisando mais detidamente a outra fonte de recursos para a área, a fonte 100 do PPA, independente dos Fundos Setoriais, vê-se uma queda acentuada em 2008, indo a valores muito baixos em 2010 a 2012. Em 2013 houve uma tentativa de retomada, que não teve continuação, como se observa no gráfico 14 abaixo.

GRÁFICO 14 – EVOLUÇÃO DOS GASTOS EM NT DO MCTI NOS PPAS – R\$ DE 2014



Fonte: Adaptado pelo autor com base em MCTI (2014)

Observa-se a clara queda após 2007, sendo o pico em 2005. Anos de 2009 a 2012 foram de baixo valor. Em 2013, houve uma tentativa de retomada, que não teve prosseguimento. Para o ano de 2016, o volume de recursos foi de apenas R\$ 3 milhões.

César JR (2010) analisa os 12.969 projetos (P&D de empresas ou ICTs, eventos, bolsas para pós-graduação) disponíveis na base de dados apoiados pelos Fundos Setoriais de 2000 a 2007 e identifica que 504 (3,95%) deles eram relacionados à nanotecnologia, somando recursos de R\$ 195,3 milhões, cerca de 5% dos recursos para todos os projetos no período (R\$3,9 bilhões). O autor considera o valor pouco expressivo, ainda mais dado o nosso atraso em termos científicos e tecnológicos, já que só em 2011 os EUA pretendiam investir 16 vezes mais que todo o investimento brasileiro acumulado no período analisado.

Gordon (2010) e Peixoto (2013) apontam o enfoque da política em fortalecer a base científica nacional em nanotecnologia, especialmente através da provisão de infraestrutura de pesquisa, mas que esses esforços não necessariamente acabaram produzindo inovações no mercado.

Gordon (2010) acredita que uma das razões para a falta de estratégia é a ausência de uma definição clara para a maioria dos agentes sobre o que é a nanotecnologia. Ela tende a ser considerada como tudo que é manipulado na escala nanométrica, sem maiores análises e críticas. Peixoto (2011) reitera ao esclarecer que a NT envolve uma ampla variedade de subáreas, campos de aplicação e abordagens de pesquisa e engenharia, sendo assim uma tecnologia transversal, não uma indústria. Ela não deve ser tratada como uma área homogênea. A política, em especial os instrumentos financeiros não reembolsáveis, pode

aproveitar seu poder seletivo para escolher as nanotecnologias com maior potencial de resolver problemas nacionais específicos.

Gordon (2010) acredita que a maioria das políticas de promoção da nanotecnologia no Brasil tem sido ancorada em uma concepção linear da inovação, focando excessivamente na promoção da pesquisa na área. As ações tendem a se sobrepor e a enfatizar a transferência de tecnologia da infraestrutura de ciência e tecnologia dos ICTs para o sistema industrial, se concentrando em uma parte restrita do sistema de inovação, o sistema de ciência e tecnologia.

Peixoto (2013) compartilha da mesma opinião, a política é baseada em uma visão linear da inovação, enfatizando quase exclusivamente o P&D e a nanociência. A política foi efetiva em criar um sistema nacional de pesquisa consolidado na área, mas isso é somente uma condição necessária, não suficiente para a promoção da inovação na área.

Com base nessa contextualização breve da política de inovação em nanotecnologia no Brasil, inserimos a proposta de análise da evolução do fomento à nanotecnologia nos programas de financiamento não reembolsáveis, assim como do perfil dos projetos e empresas beneficiadas no próximo capítulo.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

A nanotecnologia vem sendo considerada uma das tecnologias emergentes mais promissoras, prometendo revoluções e grandes mudanças no ambiente socioeconômico. Atualmente, se observa uma migração nessa tecnologia, da fase de pesquisas para a de lançamento de inovações no mercado. Como essa migração ainda está em seu início, o momento é estratégico para que países e empresas invistam e se posicionem na área.

Pela revisão das políticas internacionais, com foco na experiência pioneira estadunidense, assim como na política brasileira, percebemos que os governos de diferentes países reconheceram o potencial da nanotecnologia a partir do início desse século. Entretanto, as análises da política nacional de inovação em nanotecnologia apontam como descontínua, pouco seletiva e muito baseada em uma concepção linear da inovação, uma vez que concede grande ênfase aos gastos com pesquisa.



#### **4. A TRAJETÓRIA DOS INSTRUMENTOS DE FINANCIAMENTO NA NANOTECNOLOGIA E O PERFIL DOS PROJETOS APROVADOS**

Como já mencionado, o fomento à inovação empresarial pode ser feito através de variados instrumentos; dentre eles, os financeiros não reembolsáveis – que são o foco deste trabalho. A atenção foi centrada em três dos mais importantes mecanismos dessa categoria no Brasil: a Subvenção Econômica à Inovação para empresas e a subvenção para a associação entre ICTs e empresas, ambos operados pela FINEP, e o Programa RHAe Bolsa Pesquisador na Empresa, executado pelo CNPq. Nesse capítulo, descrevem-se estes programas e analisam-se as ações em nanotecnologia em cada um deles.

##### **4.1 METODOLOGIA**

A presente seção explica a metodologia que será adotada nesse capítulo e no próximo, focado no perfil das empresas receptoras de recursos.

Essa pesquisa utiliza métodos qualitativos ao realizar a análise de conteúdo dos documentos da área, no caso os documentos, os editais de chamada e os de resultados dos programas, buscando identificar as chamadas e os projetos contendo nanotecnologia e termos relacionados e os temas prioritários das chamadas, caso sejam explicitados, para a análise da seletividade da política em termos de áreas da nanotecnologia. Também os utiliza ao classificar os projetos em áreas de aplicação da nanotecnologia a partir do uso identificado em seus títulos e ao classificar as empresas por origem de capital e setor de atividade principal.

Os métodos quantitativos são empregados na análise do número de editais e sua continuidade, na evolução dos valores concedidos, valores médios, proporção dos recursos do programa investidos em projetos na área e na distribuição dos projetos e valores por programa. Já na parte do delineamento do perfil das empresas, métodos quantitativos são utilizados na análise da distribuição setorial e regional dos recursos, na identificação da idade das empresas e padrão de uso dos programas pelas mesmas.

A última seção do trabalho, ao realizar a análise cruzada entre o perfil das empresas e as categorias de uso dos projetos, utiliza ao mesmo tempo métodos qualitativos e quantitativos ao investigar a distribuição por idade das empresas, a regional e a setorial dos valores e projetos conforme as categorias de uso.

O trabalho perpassa diferentes tipos de pesquisa, mas possui como seus núcleos a pesquisa descritiva e explicativa sobre a política de inovação em nanotecnologia no Brasil

para os programas de financiamento não reembolsável. Possui também elementos de uma pesquisa exploratória, ao abordar o perfil das empresas receptoras desses recursos, objeto do próximo capítulo, já que não há bases de dados sistemáticas e acessíveis sobre as empresas com atividades em nanotecnologia no Brasil.

Quanto às fontes, para a reconstrução da trajetória da nanotecnologia nos programas, as fontes analisadas foram os planos de política industrial e de ciência, tecnologia e inovação envolvendo a nanotecnologia, os editais de chamadas e de resultados dos programas obtidos nos sites institucionais da FINEP e CNPq (RHA), complementados com pedidos de informações adicionais às agências. Essas fontes foram responsáveis pela reconstrução da trajetória da política, assim como resultados quanto aos projetos aprovadas.

As informações restantes para a caracterização dos perfis das empresas foram obtidas nos sites das empresas beneficiadas e através de buscas na internet em sites de diretórios de empresas.

As técnicas de pesquisa utilizadas foram:

1. Análise de conteúdo dos editais de chamada e resultados formulados pelas agências responsáveis pelos programas.
  - A partir da função Buscar (Ctrl+f) nos documentos, as palavras-chave buscadas nos documentos supracitados seguiu a lista feita por Peixoto (2013): nano (englobando os termos técnicos: nanociência, nanotecnologia, nanofios, nanopartículas, nanoestruturas, nanocompósitos, nanobiotecnologia/bionanotecnologia, nanomateriais, nanotubos, nanoesferas, nanocristais, nanofabricação, nanoindentação, nanofibras, nanofotônica, nanoeletrônica, materiais nanoestruturados, assim como qualquer termo que use o prefixo ‘nano’, tão comum na área), optoeletrônica, spintrônica, fulerenos, *quantum dots*, fios quânticos e NEMs (nanoelectromechanical systems).
2. Levantamento de dados secundários sobre características das empresas beneficiadas em seus sites empresariais e sites de diretórios de empresas, especializados em fornecer informações sobre as mesmas.
  - Os diretórios utilizados foram o: Infoplex, Empresas do Brasil (cadastro nacional), FindTheCompany e o EmpresasCNPJ. Eles já forneciam a idade, o registro do capital e o setor de atividade principal das empresas.

Uma ficha para o registro das informações foi elaborada para cada empresa beneficiada com projetos contendo nanotecnologia. A partir da busca nos sites das empresas e em diretórios na área, as seguintes informações para delinear o perfil básico das empresas foram mapeadas:

- A localização da empresa (estado da sede), visando obter a distribuição espacial dos recursos e verificar uma possível concentração das empresas geograficamente.
- Ano de fundação da empresa, para identificar a idade da mesma.
- Origem do capital, para determinar se a empresa é nacional ou não.
- Faturamento anual e número de funcionários, para tentar classificar as empresas por porte. Contudo, dado o alto grau de sensibilidade destas informações as mesmas não foram obtidas para a maioria das empresas. Sendo assim, esta pesquisa não traz dados e análises apuradas sobre o porte das empresas receptoras de recursos, se concentrando em outras características das mesmas.
- Classificação das empresas conforme seu setor de atividade principal utilizando o sistema de classificação de atividades CNAE versão 2.0 do IBGE (explicado adiante), definido a partir dos perfis disponíveis nos diretórios das empresas, complementados e confirmados por consulta direta aos sites das empresas.

O quadro 4 apresenta a ficha formulada para o registro dos dados sobre as empresas, detalhando quais variáveis foram buscadas para cada categoria.

QUADRO 4 – FICHA DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES DAS EMPRESAS COM PROJETOS CONTENDO NT

VARIÁVEL	INDICADOR
<b>Empresa</b>	Nome completo da empresa
<b>Localização</b>	Estado da sede da empresa.
<b>Idade da Empresa</b>	Ano em que a empresa foi fundada.
<b>Capital</b>	Origem de capital.
<b>Faturamento</b>	Valor do faturamento.
<b>No. Funcionários</b>	Número de funcionários.
<b>Página Web</b>	Endereço do site oficial da empresa.
<b>Setor de atividade principal</b>	Setor principal de atuação da empresa segundo a CNAE 2.0.
<b>Financiamento público recebido</b>	Quais os projetos e valores recebidos pela empresa nos programas de fomento analisados.
<b>Vínculo com Universidades ou Centros de pesquisa</b>	Existência de vínculo com universidade ou instituição de pesquisa para

VARIÁVEL	INDICADOR
	execução de projeto no programa ICT-E da FINEP, caso seja o caso.
<b>Fontes de informação</b>	Links de todas as informações localizadas.
<b>Outras observações</b>	Informações complementares

Fonte: Elaboração própria.

As informações coletadas permitiram um delineamento do perfil básico das empresas que obtiveram esses recursos das agências. O quadro 5 abaixo destaca as fontes de informação usadas para cada variável analisada.

QUADRO 5 – FONTES DAS INFORMAÇÕES DAS FICHAS DAS EMPRESAS

VARIÁVEL	FONTE DAS INFORMAÇÕES
<b>EMPRESA</b>	Fonte: nomes encontrados nos editais de resultado dos programas.
<b>Localização</b>	Fonte: site da empresa ou site de diretórios de empresas.
<b>Ano de Fundação</b>	Fonte: site da empresa ou site de diretórios de empresas.
<b>Capital</b>	Fonte: site da empresa ou site de diretórios de empresas.
<b>Faturamento</b>	Fonte: site da empresa (Departamento de Relações com Investidores, se capital for aberto).
<b>No. Funcionários</b>	Fonte: site da empresa ou de diretórios de empresas
<b>Página Web</b>	
<b>Setor de atividade principal</b>	Fonte: diretórios empresariais especializados, confirmado com análise dos produtos da empresa constantes em seu site, caso possível.
<b>Financiamento público recebido</b>	Fontes: editais de resultado dos programas estudados.
<b>Vínculo com Universidades ou Centros de pesquisa</b>	Fontes: editais de resultado do programa de fomento ICT-E e sites das empresas.
<b>Fontes de informação</b>	-
<b>Outras observações</b>	-

Fonte: elaboração própria.

Quanto à classificação das empresas em setores de atividade principal, optou-se pelo uso do sistema de referência para o Brasil, a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE (IBGE, 2016).

A CNAE 2.0 é o sistema de classificação oficial adotado pelo Sistema Estatístico Nacional quanto a estatísticas de atividade econômica. Ela permite a comparabilidade dessas estatísticas com a de outros países. Em 2007, o sistema passou por uma revisão que resultou na CNAE versão 2.0 visando acompanhar as mudanças na estrutura da economia brasileira e a sincronização com o principal sistema de classificação da área, o ISIC – *Industrial Standard Industrial Classification* feito pela Organização das Nações Unidas - ONU, que está em sua quarta versão.

A CNAE é uma classificação por tipo de atividade econômica e não uma classificação de produtos. O sistema é constituído de categorias mutuamente excludentes e uma

organização hierárquica das atividades, das mais gerais para as mais específicas. Divide-se em cinco níveis hierárquicos: i.seções, ii.divisões, iii.grupos, iv.classes e v.subclasses. São 21 seções representando as grandes categorias de atividades, como Indústria Extrativa, Indústria de Transformação e Educação, identificadas por uma letra. Divisões formam o nível imediatamente inferior, havendo 87 delas, representadas por dois números, 285 grupos de atividades representados por três números, 673 classes e 1.301 subclasses, todas indo para atividades cada vez mais específicas.

Como exemplo, o cultivo de arroz é classificado da seguinte forma:

- Seção A – Agricultura, Pecuária, Produção Floresta, Pesca e Aquicultura;
  - Divisão 01 – Agricultura, Pecuária e Serviços Relacionados;
    - Grupo 01.1 – Produção de lavouras temporárias;
      - Classe 01.11-3 – Cultivo de Cereais;
        - Subclasse 0111-3/01 – Cultivo de Arroz.

Como mencionado, a classificação das empresas em setores de atividade principal seguirá esse sistema e será feita no nível intermediário de **Grupo** de atividades da CNAE, entre Divisão e Classes de atividades. As fontes para essa classificação serão os diretórios de empresas, que já apontam as atividades principais de cada empresa no nível de grupo da CNAE. Para confirmação, foram feitas buscas nos sites das empresas e identificados seus produtos principais, envolvendo ou não nanotecnologia, de modo confirmar a classificação fornecida pelos sites dos diretórios.

O objetivo é identificar o setor de atividades principal da empresa e logo sua linha principal de produtos. Contudo, os projetos beneficiados com NT podem estar ligados a esse setor de atividades principal ou a algum secundário da empresa, mas a análise não se aprofundará nesse sentido. Reitera-se aqui que a análise do perfil das empresas será realizada no próximo capítulo.

Abaixo, um quadro resumo (6) de nossa metodologia:

QUADRO 6 – VARIÁVEIS, FONTES E INDICADORES DA PESQUISA

VARIÁVEL	FONTE	INDICADOR
<b>Menções à nanotecnologia na política</b>	Editais de chamada e documentos dos três programas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas envolvendo NT</li> <li>- Temáticas prioritárias explicitadas</li> <li>- Valores destinados à NT</li> <li>- Particularidades do edital</li> </ul>
<b>Projetos aprovados em NT</b>	Editais de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de instrumento</li> <li>- Descrição do projeto</li> <li>- Empresas beneficiadas</li> <li>- Valor concedido ao projeto</li> <li>- ICT associado</li> <li>- Valor total por instrumento</li> </ul>
<b>Categorização dos projetos</b>	Editais de resultados. Análise própria das palavras-chave nos títulos dos projetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Setores beneficiados</li> <li>- Categoria de uso do projeto</li> </ul>
<b>Perfil das empresas</b>	Sites das empresas e sites de diretórios de empresas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Idade da empresa</li> <li>- Estado da sede</li> <li>- Origem do capital</li> <li>- Setor de atividade principal</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 A NANOTECNOLOGIA E OS PROGRAMAS DE FOMENTO À INOVAÇÃO

Essa seção traz uma breve descrição dos programas objetos desse estudo e de suas evoluções recentes, assim como reconstrói a trajetória da nanotecnologia nos mesmos analisando seus editais e obtendo uma linha do tempo das iniciativas e resultados.

### 4.2.1 Os programas de fomento

No Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC é o responsável pela formulação e implementação de políticas públicas na área, tendo como principais agências de fomento subordinadas a FINEP, responsável principalmente pelo apoio à P&D e inovação nas empresas e o CNPq – responsável pela política científica do país.

O documento atual que orienta as ações na área de ciência, tecnologia e inovação - CT&I é a Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI (MCTI, 2016), de 2016 que estabelece diretrizes que irão orientar as ações nacionais no horizonte temporal de 2016 a 2019. Ela elenca áreas estratégicas, define estratégias de consecução, metas e estimativas de financiamento para o atingimento das mesmas.

Para a realização dos objetivos definidos na formulação da política de CT&I no Brasil, uma série de organizações, programas e instrumentos estão à disposição. Seguindo a tipologia

de Weisz (2006) apresentada anteriormente, pode-se dividir os instrumentos de apoio à inovação empresarial em técnicos e financeiros, no primeiro grupo, destacam-se o:

- Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, organização responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria (INPI, 2016);
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro que possui a competência de executar a política nacional de metrologia e qualidade, além de observar normas técnicas e legais em termos de medidas, servindo como importante instrumento para inovações e adequação aos mercados (INMETRO, 2016);
- A provisão de infraestrutura científica e tecnológica de ICTs para as empresas foi facilitada com a aprovação da Lei de Inovação 10.973/04 (BRASIL, 2004), assim como o licenciamento e transferência de tecnologia dos ICTs para as empresas.

Essa listagem foca nos principais instrumentos técnicos, mas não é exaustiva, já que eles não são o foco desse trabalho. Partindo agora para os instrumentos financeiros:

Outra lei que modernizou a institucionalidade da inovação no Brasil é a Lei do Bem, 11.196/05 (BRASIL, 2005), que criou novos incentivos fiscais à inovação, centrando sua atenção na empresa.

- Em termos de incentivos fiscais, a dedução dos dispêndios em P&D da base de cálculo do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica e da Contribuição Social sobre Lucro Líquido foi possibilitada pela Lei do Bem, 11.196/05. Ela também permitiu a redução do IPI sobre equipamentos de pesquisa e a depreciação e amortização acelerada desses equipamentos sem necessidade de aprovação prévia.

Adentrando nos instrumentos de financiamento, tem-se segundo FINEP (2016):

- A Subvenção Econômica à Inovação da FINEP que concede recursos não reembolsáveis para projetos de P&D diretamente às empresas, possibilitada pela Lei de Inovação 10.973/04, com a primeira operação no ano de 2006;
- O Financiamento Não Reembolsável de projetos de ICTs em associações com outros ICTs ou empresas, no qual a instituição recebe recursos para financiar seu projeto sem necessidade de reembolso e uma empresa interessada na invenção se associa através de contrapartidas;
- Linhas de financiamento com condições favoráveis, em termos de prazos e/ou taxas voltadas para gastos em inovação são operadas pela FINEP. O BNDES possui linhas de financiamento a capital de longo prazo e financiamento da compra de máquinas e equipamentos, o que pode embutir inovação;

- Linha de investimento direto em empresas, visando financiar projetos de P&D e capacitação tecnológica através da FINEP;
- Investimento indireto através de aportes para fundos de *venture capital* através da FINEP e BNDES (FINEP, 2016; BNDES, 2016);
- Programa Fundo Tecnológico - FUNTEC do BNDES que subvenciona projetos de P&D de ICTs em parceria com empresas (BNDES, 2016).
- O programa RHAIE do CNPq que fornece bolsas para pesquisadores inseridos em projetos de P&D das empresas, cobrindo assim parcialmente o salário gasto com pessoal (CNPq, 2016).

Pela comparação entre a tipologia de Weisz (2006) e a listagem não exaustiva dos principais programas acima, é possível notar que o Brasil possui variados instrumentos de fomento à inovação, centrados no lado da oferta. Também se pode perceber que o país realizou uma série de modernizações institucionais em suas leis nos últimos anos, acompanhando tendências da política de inovação de outros países.

Essa dissertação foca em três instrumentos de fomento não reembolsáveis, a Subvenção Econômica à Inovação da FINEP, o financiamento não reembolsável para a associação entre ICTs e empresas da FINEP e o programa RHAIE de bolsas para pesquisadores do CNPq. Esses programas serão retomados no capítulo 5, quando a política em nanotecnologia no Brasil nesses programas será analisada.

Esse trabalho foca em três instrumentos de fomento não reembolsáveis disponíveis no Brasil. Dois deles são gerenciados pela FINEP e um pelo CNPq. A FINEP concede financiamentos reembolsáveis e não reembolsáveis para instituições de pesquisa e empresas brasileiras. O apoio abrange todas as etapas do ciclo de desenvolvimento tecnológico e científico: pesquisa básica, pesquisa aplicada, inovações e desenvolvimento de produtos, serviços e processos. A entidade ainda apoia a incubação de empresas de base tecnológica, a implantação de parques tecnológicos, a estruturação e consolidação dos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação em empresas já estabelecidas e o desenvolvimento de mercados.

Segundo FINEP (2015), as diretrizes operacionais seguidas pela instituição são:

- Considerar o grau de inovação da proposta e relevância da matéria para o Estado;
- A articulação com outras iniciativas governamentais, especialmente a política industrial, a política social e a de Ciência, Tecnologia e Inovação, assim como outros



grandes programas nacionais e as atividades de inovação compreendidas nas políticas ministeriais;

- As externalidades socioeconômicas e ambientais associadas ao plano de inovação;
- A promoção do desenvolvimento local, a nacionalização das cadeias de produção e a autonomia tecnológica;
- A internacionalização de empreendimentos brasileiros;
- E os demais objetivos estratégicos pertinentes.

Os financiamentos reembolsáveis são realizados com recursos próprios ou de repasses de outras fontes. Geralmente são oferecidas condições de prazos e taxas compatíveis com as atividades de inovação.

Os financiamentos não reembolsáveis são feitos com recursos do FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, formado preponderantemente pelos Fundos Setoriais de C,T&I. São destinados a instituições sem fins lucrativos em programas e áreas determinadas pelos comitês gestores dos Fundos, sendo as propostas de financiamento apresentadas em resposta a chamadas públicas ou encomendas especiais (*ibidem*).

Quanto aos programas nessa área, a FINEP possui dois que serão objeto desse trabalho. O primeiro é a Subvenção Econômica à Inovação - SEI. Ela consiste na concessão de recursos financeiros para a realização de atividades de P&D e inovação sem necessidade de devolução destinado diretamente para as empresas. O Estado compartilha com as empresas os riscos, na medida em que elas devem apresentar contrapartida de recursos nos projetos, mas não demanda retorno financeiro dos projetos (*ibidem*).

Os mecanismos e critérios para avaliação, habilitação e seleção dos projetos são definidos pela FINEP, segundo diretrizes e temas estratégicos definidos nas instâncias de deliberação relacionadas à origem dos recursos, tendo como parâmetros os Planos e Políticas do Governo Federal (*ibidem*).

Os temas para habilitação dos projetos são definidos conjuntamente pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. São elegíveis empresas brasileiras, privadas ou públicas de qualquer porte, individualmente ou em associação para a execução de projetos que envolvam risco tecnológico e oportunidades de mercado (*ibidem*). Um adendo importante é que a definição empresas brasileiras pode englobar empresas multinacionais de capital estrangeiro, desde que sejam constituídas sob as leis brasileiras e tenham sede e administração no país

(BRASIL, 1988). Assim, filiais de empresas multinacionais podem pleitear recursos de todas as linhas de fomento nas quais a empresa se encaixe.

FINEP (2010) discorre que a subvenção econômica à inovação é um dos principais instrumentos de fomento disponíveis, largamente utilizada em países desenvolvidos e permitido pelas normas da Organização Mundial do Comércio – OMC. Ela pode ajudar as empresas a investirem em mercados muito restritos ou de difícil acesso devido a barreiras diversas, como as financeiras. Podem-se fomentar temas prioritários, quando determinadas necessidades não são atraentes para o setor privado investir sozinho ou usá-la para fins de meios prioritários, quando o ânimo privado existe, mas está impedido por deficiências nos mercados de fatores, especialmente os de capital financeiro e humano.

Essa modalidade foi criada a partir da aprovação e regulamentação da Lei da Inovação (Lei 10.973, de 02/12/2004, regulamentada pelo Decreto 5.563, de 11/10/2005) e da Lei do Bem (Lei 11.196, de 21/11/2005, regulamentada pelo Decreto 5.798 de 07/07/2006). Existem dois tipos de subvenção econômica a empresas. Uma é relacionada com a Lei da Inovação e cobre despesas de custeio das atividades de P&D, incluindo pessoal, matérias primas, serviços de terceiros, etc. A outra vem da Lei do Bem e é destinada ao ressarcimento parcial da remuneração de pesquisadores titulados Mestres e Doutores que venham a ser contratados pelas empresas, levada a cabo no Brasil pelo programa RHAE do CNPq, discutido a frente (ibidem).

A Subvenção Econômica da FINEP cobre despesas de custeio, como: despesas destinadas à manutenção dos serviços, pagamento de pessoal próprio, material de consumo, insumos, serviços de terceiros, aluguéis de bens móveis ou imóveis. As despesas de capital devem ser custeadas pela empresa, como parte de sua contrapartida e envolvem: despesas de planejamento e execução de obras, aquisição de instalações e de equipamento e material permanente, assim como estudos de mercado e estudos prévios (ibidem).

A partir de buscas no site da FINEP (2016), obteve-se a seguinte evolução da SEI para os anos com projetos envolvendo NT.

TABELA 3 – EVOLUÇÃO DO PROGRAMA SEI NOS ANOS CONTENDO PROJETOS EM NT

ANO	NÚMERO DE PROJETOS APROVADOS	VALOR DESTINADO (MILHÕES)
2006	148	300
2007	153	450
2008	206	450
2009	260	450
2010	105	500
2013	205	374

Fonte: Elaborado pelo autor com base em FINEP (2016).

Apesar da tabela só conter os anos com projetos em NT, nota-se uma tendência de aumento no número de projetos do início do programa em 2006 até 2009, 2010 contem um número menor de projetos e 2013 já retorna ao patamar de 2009. Já a análise dos valores destinados mostra que eles tiveram aumento ao longo do tempo, inclusive em 2010, sendo os de 2013 menores. Entre 2006 e 2010, o programa foi operacionalizado principalmente pelo lançamento de chamadas gerais com temas prioritários. A partir de 2013, as chamadas passaram a ser temáticas.

O próximo instrumento analisado é o Financiamento Não Reembolsável. Segundo FINEP (2015), ele é concedido para Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) nacionais, públicas ou privadas e sem fins lucrativos, para a execução de projetos de desenvolvimento científico e tecnológico, de infraestrutura de pesquisa, assim como capacitação de recursos humanos. Os projetos podem ser executados pelas ICTs isoladamente, em grupos ou em cooperação com empresas. Os recursos vêm do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) e de convênios de cooperação com ministérios, órgãos e instituições setoriais. Os projetos são selecionados por meio de chamadas públicas ou encomendas específicas para a solução de problemas críticos, nos quais sejam identificadas a existência de competência específica e singularidade da instituição executora. Os mecanismos e critérios para avaliação, habilitação e seleção dos projetos são definidos pela FINEP segundo diretrizes e temas estratégicos definidos nas instâncias de deliberação relacionadas à origem dos recursos, tendo como parâmetros os Planos e Políticas do Governo Federal.

O instrumento opera da seguinte forma: há uma instituição proponente/conveniente que deve ser uma entidade da Administração Pública direta ou indireta de qualquer esfera do governo ou uma ICT pública ou privada sem fins lucrativos. Ela será a responsável pela execução gerencial e financeira do projeto. A Instituição Executora será um ICT público ou privado sem fins lucrativos. Por fim, há as Instituições Intervenientes Cofinanciadoras representadas por empresas brasileiras, individualmente ou em conjunto, interessada nos resultados do projeto e que contribui através de aportes financeiros e/ou não financeiros aos projetos (idem).

A contrapartida não financeira pode ser na forma de recursos humanos (horas de trabalho), insumos necessários ao desenvolvimento de protótipos, horas de máquinas, material de consumo, hospedagem e transporte dos envolvidos no projeto. As contrapartidas exigidas das empresas variam de acordo com a região, sendo menores proporcionalmente para projetos

nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste com o objetivo de diminuir as desigualdades regionais em termos de C,T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação do país (idem).

O programa surgiu em 1999 com a criação dos Fundos Setoriais e teve variados editais lançados em áreas tanto específicas quanto mais gerais. Nesse trabalho, são analisadas as associações entre ICTs recebedores de recursos e empresas, que introduzem a invenção no mercado (idem).

Por fim, o último programa objeto de análise é o RHAPE Pesquisador na Empresa do CNPq, criado em 1987. Desde 2007 é destinado à inserção de mestres e doutores em empresas privadas, preferencialmente de micro, pequeno e médio porte. O programa foi oficialmente descontinuado em 2016, mas não possuía chamadas desde 2013 (CNPq, 2016).

Ele utilizava um conjunto de modalidades de bolsa de fomento tecnológico visando agregar pessoal altamente qualificado em atividades de P&D nas empresas, ajudando assim na capacitação desse pessoal. As empresas beneficiadas deviam ser privadas e com sede e administração no Brasil, sendo limitado em 20% os recursos disponíveis para grandes empresas. O programa ressarcia parte dos gastos com o pessoal da P&D, agindo assim como um tipo de subvenção à inovação. A seguir, a tabela 4 resume a evolução do programa.

TABELA 4 – NÚMEROS DO RHAPE PESQUISADOR NA EMPRESA

<b>Chamada</b>	<b>Recursos em R\$</b>	<b>Demanda projetos</b>	<b>Projetos aprovados</b>	<b>Empresas contempladas</b>	<b>Número de bolsas</b>	<b>Bolsas (por tipo)</b>
<b>2007 (32/2007)</b>	20 milhões	710	131	124	385	93 doutores, 112 mestres, 96 graduados e 84 graduandos
<b>2008 (67/2008)</b>	26 milhões	727	173	166	690	130 doutores, 182 mestres, 155 graduados e 223 graduandos
<b>2009 (62/2009)</b>	30 milhões	1068	188	177	621	112 doutores, 166 mestres, 180 graduados, 152 graduandos e 11 especialistas visitantes
<b>2010 (75/2010)</b>	40 milhões	1125	211	209	694	117 doutores, 198 mestres, 189 graduados, 113 graduandos, 23 especialistas visitantes e 57 apoio técnico
<b>2012 (17/2012)</b>	60 milhões	1558	265	247	932	125 doutores, 255 mestres, 280 graduados, 178 graduandos, 28 especialistas visitantes e 66 apoio técnico
<b>2013 (54/2013)</b>	60 milhões	1744	287	263	952	162 doutores, 271 mestres, 278 graduados, 157 graduandos, 33 especialistas visitantes, 41 apoio técnico e 10 exterior

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CNPq (2016).

Pode-se observar a alocação de recursos crescentes ao longo do tempo, e, consequentemente, um maior número de bolsas e empresas beneficiadas, bem como a ausência de chamadas em 2011 e após 2013.

Para a análise da política de NT nos programas, buscou-se elaborar quadros com as principais características dos editais de chamada que mencionavam a nanotecnologia ou alguma de suas áreas. As informações descritas são sobre características gerais das chamadas (como áreas prioritárias e valor total) e outras específicas sobre nanotecnologia – como temas prioritários, valor destinado para a área, número de projetos implementados e seus valores, etc.

Conforme descrito na metodologia, em cada chamada foram buscados através da função Buscar (Ctrl+f) os seguintes termos: nano (englobando os termos técnicos: nanociência, nanotecnologia, nanofios, nanopartículas, nanoestruturas, nanocompósitos, nanobiotecnologia/bionanotecnologia, nanomateriais, nanotubos, nanoesferas, nanocristais, nanofabricação, nanoindentação, nanofibras, nanofotônica, nanoeletrônica, materiais nanoestruturados, assim como qualquer termo que use o prefixo ‘nano’, tão comum na área) optoeletrônica, spintrônica, fulerenos, *quantum dots*, fios quânticos e NEMs. O mesmo foi feito em todas os editais de resultados, inclusive nos quais não foram encontrados termos relacionados à nanotecnologia nas respectivas chamadas. A análise dos perfis dos projetos será feita na seção seguinte.

Pedidos de informações adicionais foram feitos à FINEP e CNPq, já que as informações contidas nos editais eram incompletas, variavam conforme os editais e não levavam em conta possíveis cancelamentos posteriores dos projetos – podendo os valores reais diferir dos expressos no edital de resultados. Para os casos onde obtivemos informações adicionais, consideramos os valores informados pela FINEP nas respostas aos pedidos. Apresentamos o número de projetos aprovados constantes nos editais de resultados, mas concentramos a análise nos números e valores dos projetos efetivamente implementados, informação obtida através dos pedidos de informações enviados às agências.

Partindo para a análise da política nos programas, começando pela SEI.

#### 4.2.2 A nanotecnologia na SEI

Começando com o programa SEI da FINEP, tem-se o quadro resumo 7 abaixo. Os valores foram arredondados para uma casa decimal de modo a facilitar a leitura.

QUADRO 7 – RESUMO DAS CHAMADAS DA SEI QUE MENCIONARAM NT

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS – áreas prioritárias, temas em nanotecnologia, valor previsto, número de projetos e valor aprovado.
<p align="center"><b>SUBVENÇÃO ECONÔMICA À INOVAÇÃO - 01/2006</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias gerais: ações horizontais (em qualquer setor), semicondutores e software, fármacos e medicamentos e bens de capital, biotecnologia, nanotecnologia e biomassa/energias alternativas (áreas prioritárias da PITCE).</li> <li>- Temas em NT: Desenvolvimento de nanocompósitos, em especial para o setor aeronáutico, semicondutores orgânicos para a fabricação de mostradores (OLEDs), sensores e dispositivos de identificação eletrônica, materiais nanoestruturados para aplicações no setor têxtil e cosméticos, nanosensores para aplicações sensíveis em defesa, encapsulamento de nanofármacos, cerâmica nanoestruturada.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 300 milhões (no mínimo R\$ 30 milhões para cada item, inclusive nanotecnologia).</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 15.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 12 (3 foram cancelados).</li> <li>- Valor destinado à NT: cerca de R\$ 12 milhões (descontando os cancelados).</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 25,8 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas em NT: R\$ 13,9 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto: cerca de R\$ 1 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 2,2 milhões.</li> </ul>
<p align="center"><b>Chamada PAPPE subvenção 2006 MPE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias gerais: áreas prioritárias da PITCE.</li> <li>- Apoio: para Micro e Pequenas Empresas - MPEs com recursos aplicados pelas Fundações de Amparo à Pesquisa Estaduais.</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor previsto total – R\$ 15 milhões.</li> <li>- 17 organizações beneficiadas, mas sem detalhes dos projetos, impossibilitando classificação, sendo excluído da análise.</li> </ul>
<p align="center"><b>PROGRAMA SUBVENÇÃO PESQUISADOR NA EMPRESA 03/2006</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: inserção de mestres e doutores em atividades de inovação em empresas nas áreas da PITCE.</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 60 milhões.</li> <li>- 42 empresas beneficiadas no total, mas sem detalhes dos projetos, impossibilitando a classificação se é NT ou não, sendo excluído da análise.</li> </ul>
<p align="center"><b>Subvenção Econômica à Inovação – 01/2007</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: TICs e nanotecnologia; biodiversidade, biotecnologia e saúde; programas estratégicos. biocombustíveis e energia; desenvolvimento social.</li> <li>- Temas em NT: Produtos e processos com base em Nanotecnologias nos setores de Produção de Alimentos, Têxtil, Metal Mecânico, Energia, Petróleo e Gás, Cosméticos e Saúde.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 450 milhões (sendo R\$ 100 milhões para a área de TICs e nanotecnologia).</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 23.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 19 (4 cancelados).</li> <li>- Valor aprovado para NT no edital de resultados: R\$ 45,4 milhões.</li> <li>- Valor destinado à NT: R\$ 30,8 milhões (desconsidera cancelamentos e mudanças nas dotações por projetos).</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 59,5 milhões.</li> </ul>

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS – áreas prioritárias, temas em nanotecnologia, valor previsto, número de projetos e valor aprovado.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 28,7 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 1,7 milhões.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 3,1 milhões.</li> </ul>
<b>Subvenção Econômica à Inovação – 01/2008</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: não inclui NT explicitamente. TICs, biotecnologia, saúde, programas estratégicos, energia e desenvolvimento social.</li> <li>- Temas em NT: não inclui.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 450 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 3 (um em saúde e dois em programas estratégicos).</li> <li>- Valor aprovado para NT: R\$ 4,3 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 11,6 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 7,3 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 1,4 milhões.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 3,9 milhões.</li> </ul>
<b>Subvenção Econômica à Inovação – 01/2009</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: não inclui nanotecnologia. TICs, biotecnologia, saúde, defesa nacional e segurança pública, energia e desenvolvimento social.</li> <li>- Temas em NT: não inclui.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 450 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 5 (um biotecnologia, três em saúde e um em energia).</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 4 (um da saúde cancelado).</li> <li>- Valor aprovado para NT no edital: R\$ 5,8 milhões.</li> <li>- Valor realmente destinado à NT: R\$ 4,8 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 7,4 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 2,6 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto: R\$ 1,2 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos: R\$ 1,8 milhão.</li> </ul>
<b>Subvenção Econômica à Inovação – 01/2010</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: não inclui nanotecnologia. TICs; Energia; Biotecnologia; Saúde; Defesa; Desenvolvimento Social.</li> <li>- Temas em NT: não inclui.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 500 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 3 (dois em biotecnologia e um em saúde).</li> <li>- Valor aprovado para NT: R\$ 3,3 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 4,4 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 1,1 milhão.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT – R\$ 1,1 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos: R\$ 1,5 milhão.</li> </ul>
<b>Subvenção Econômica à Inovação – 03/2013 – Nanotecnologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Nanotecnologia.</li> <li>- Temas em NT: 1. Plásticos e Borrachas: Produtos nanotecnológicos com barreiras de gases e/ou umidade; produtos nanotecnológicos com propriedades antimicrobianas. 2. Papel e Celulose: produtos nanocelulósicos (nanofibras, nanopartículas, etc) a partir de biomassa; nanocompósitos de alta performance a partir de celulose ou que incorporam produtos nanocelulósicos. 3. HPPC - higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos: produtos nanotecnológicos de alta performance ou que introduzam novas funcionalidades.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 30 milhões.</li> </ul>

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS – áreas prioritárias, temas em nanotecnologia, valor previsto, número de projetos e valor aprovado.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 16.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 15 (1 cancelado).</li> <li>- Valor aprovado para NT no edital: R\$ 24 milhões.</li> <li>- Valor destinado à NT: R\$ 26,1 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 42,7 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 16,6 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 1,7 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 2,7 milhões.</li> </ul>
<b>Subvenção Econômica à Inovação – TI MAIOR 04/2013</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Computação em Nuvem, Petróleo, Gás e Mineração, Defesa Cibernética, Componentes, Dispositivos Semicondutores e Eletrônicos (incluindo nanoeletrônicos) e Aeroespacial.</li> <li>- Temas em NT: nanoeletrônicos.</li> <li>- Valor previsto total: R\$ 60 milhões.</li> <li>- 28 projetos aprovados, nenhum contem nanotecnologia.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de chamada e resultados do programa SEI da FINEP.

Para esse programa, foram identificados sete editais que mencionaram nanotecnologia em suas chamadas ou possuem-na em seus resultados. Desses, quatro citaram NT explicitamente em suas chamadas e três não, apesar de contemplarem projetos com NT em seus resultados.

Duas chamadas foram para áreas específicas, o 03/2013 foi voltado exclusivamente para a NT e o outro para a área de Tecnologia da Informação - TI (04/2013), sendo que esse último citou termos relacionados à NT em sua chamada, mas acabou não contemplando projetos envolvendo a tecnologia.

Os editais dos anos 2006 e 2007 seguem as áreas prioritárias definidas na PITCE, incluindo a nanotecnologia - apesar de o de 2007 ter priorizado a NT em uma categoria conjuntamente com a TI. As subvenções de 2008, 2009 e 2010 não mencionam NT, mas possuem projetos na área. Para os anos de 2011, 2012, 2014, 2015 e 2016 não foram encontrados editais desse programa que mencionassem ou tivessem projetos em NT. Em 2013, a FINEP lançou em edital específico para a área, o único no programa, que não foi seguido por outros nos anos seguintes. A partir do exposto, pode-se observar a falta de continuidade de uma política formulada que considere a NT uma prioridade.

Os editais do PAPPE Subvenção 2006 Micro e Pequena Empresa e o do Programa de Subvenção ao Pesquisador na Empresa 03/2006 não são como os editais anuais tradicionais, sendo o primeiro de repasse para outras instituições de fomento e o segundo um edital isolado. A descentralização dos recursos e a falta de continuidade fez com que esses dados não fossem obtidos de uma maneira completa a partir dos pedidos de informações adicionais,



assim eles não são levados em consideração nessa análise.

Encaixando os temas priorizados em NT nas áreas da mesma do Estudo Prospectivo da ABDI (2010), o edital de 2006 fica assim:

- Desenvolvimento de nanocompósitos, em especial para o setor aeronáutico, se encaixando dentro da área de nanomateriais da ABDI,
- Semicondutores orgânicos para a fabricação de mostradores – OLEDs, na área de nanofotônica,
- Sensores e dispositivos de identificação eletrônica, na de nanoeletrônica,
- Materiais nanoestruturados para aplicações no setor têxtil e de cosméticos, o setor têxtil se aproxima da área de nanomateriais e o de cosméticos da nanobiotecnologia,
- Nanosensores para aplicações sensíveis em defesa, nas áreas de nanoeletrônica e possivelmente nanofotônica,
- Encapsulamento de nanofármacos, na área de nanobiotecnologia,
- Cerâmica nanoestruturada, próxima à área de nanomateriais.

Nota-se a partir disso o enfoque dado para as áreas de nanomateriais, nanoeletrônica, nanobiotecnologia e nanofotônica. As outras duas áreas do estudo, nanoenergia e nanoambiente não aparecem diretamente entre os temas priorizados no edital.

Gordon (2010) discute a escolha dos temas prioritários em NT do edital de 2006 e argumenta que a escolha de nanocompósitos para o setor aeronáutico pode estar relacionado à existência da Embraer como uma fonte de demanda para empresas na área. Já a escolha do setor de fármacos e cosméticos é óbvia por ser uma das áreas em que a nanotecnologia mais está sendo utilizada no mundo e pelo fato do Brasil ser um dos mercados líderes nesse segmento. Quanto ao setor têxtil, ele sempre foi tradicional na economia brasileira, e a nanotecnologia promete grandes avanços na produção de tecidos inteligentes e diferenciados, justificando assim sua inclusão entre os temas do edital.

O edital de 2007 focou em: produtos e processos com base em Nanotecnologias nos setores de Produção de Alimentos, Têxtil, Metal Mecânico, Energia, Petróleo e Gás, Cosméticos e Saúde. O enfoque é mais setorial que em tecnologias específicas, podendo beneficiar variadas áreas da NT.

O seu foco acabou ficando muito amplo, perdendo assim a seletividade, em especial ao adotar setores tão amplos como Energia e Saúde. Uma comparação com ABDI (2010) fica complicada por essa categorização ser baseada em tecnologias, não em setores. Mas mesmo assim nota-se a priorização de nanomateriais por causa dos setores Têxteis e Metal Mecânico,

nanoenergia, que teve pouca atenção no edital de 2006, mas nesse acabou tendo grande destaque pela inclusão dos setores de Energia e Petróleo e Gás e por fim Nanobiotecnologia pelos setores de Cosméticos e Saúde. As áreas de nanoeletrônica e nanofotônica, que tiveram grande destaque no edital do ano anterior, não parecem ter tido grande destaque esse ano. Por fim, assim como em 2006, a área de nanoambiente não foi priorizada. Lembrando que por ser focada em setores e não em nanotecnologias, o encaixe com as áreas da ABDI não é direto.

Nesse sentido, Gordon (2010) discorre que os incentivos nesse ano, além de estarem inseridos com outra tecnologia (TI), se dão em temas muito abrangentes, uma vez que os setores beneficiados são categorias muito amplas. Perdeu-se o incentivo para o setor aeronáutico, da Embraer e empresas relacionadas, mas se incluiu o de Petróleo e Gás, onde existiam grandes empresas no Brasil, como Petrobrás e Braskem, além de empresas relacionadas com estas. Em sua análise, faltou seletividade.

O único outro edital do programa que explicitou temas dentro da NT foi o de 2013. Ele trouxe como áreas prioritárias:

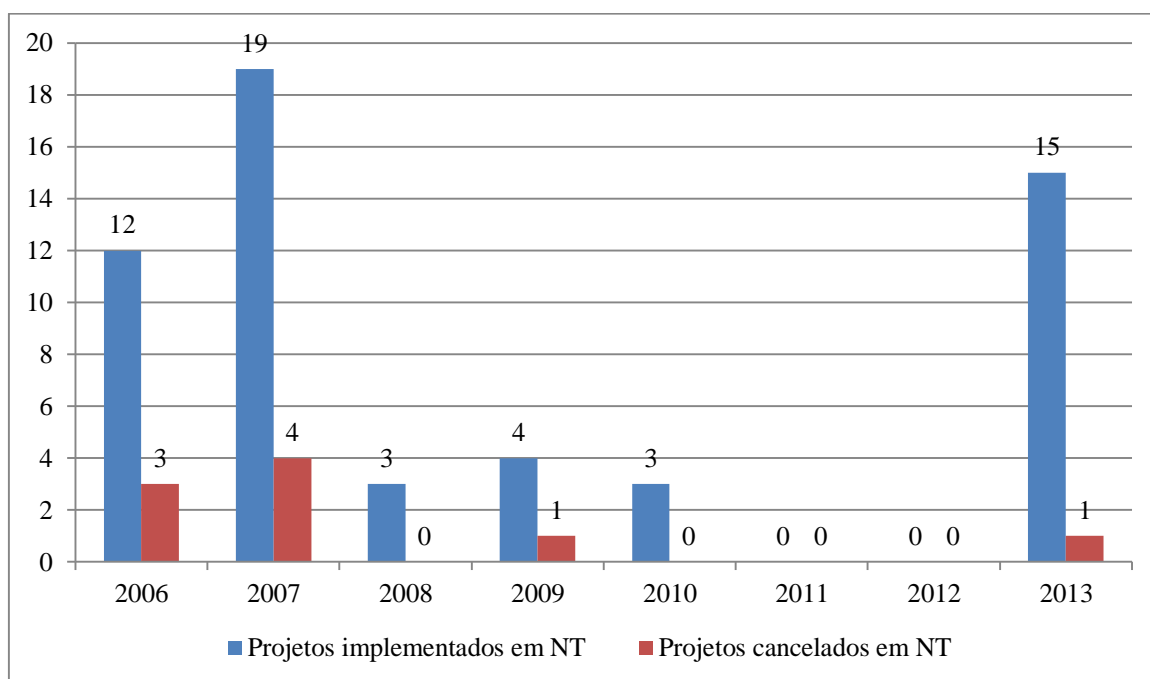
- Plásticos e Borrachas:
  - Produtos nanotecnológicos com barreiras de gases e/ou umidade;
  - Produtos nanotecnológicos com propriedades antimicrobianas.
- Papel e Celulose:
  - Produtos nanocelulósicos (nanofibras, nanopartículas, etc) a partir de biomassa;
  - Nanocompósitos de alta performance a partir de celulose ou que incorporam produtos nanocelulósicos.
- HPPC - higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos:
  - Produtos nanotecnológicos de alta performance ou que introduzam novas funcionalidades.

Por estar focado nesses três temas, o edital foi mais restrito, mas seletivo. A escolha também se deu entre setores, não tecnologias. Novamente, a comparação com a ABDI (2010) não é estrita, mas pode-se perceber que a áreas de Plásticos e Borrachas tende a ter tecnologias na área de nanomateriais, já a de Papel e Celulose nas de nanomateriais e nanobiotecnologia. A de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos é próxima a tecnologias das áreas de nanobiotecnologia e nanomateriais. Contudo, essa chamada é mais focada que a de 2007, mas não tanto quanto a de 2006 que mencionava tecnologias específicas.

Em síntese, as três chamadas que mencionaram NT (2006, 2007 e 2013) definiram temas prioritários dentro da mesma. A de 2006 foi seletiva, a de 2007 muito ampla e a de 2013 ficou em uma posição intermediária. A falta de menções à NT nas outras chamadas analisadas indica a falta de priorização no programa quanto à NT.

A evolução do número de projetos e de valores na área estão expressas nos gráficos 15 e 16 a seguir.

GRÁFICO 15 – PROJETOS IMPLEMENTADOS E CANCELADOS NA SEI EM NT



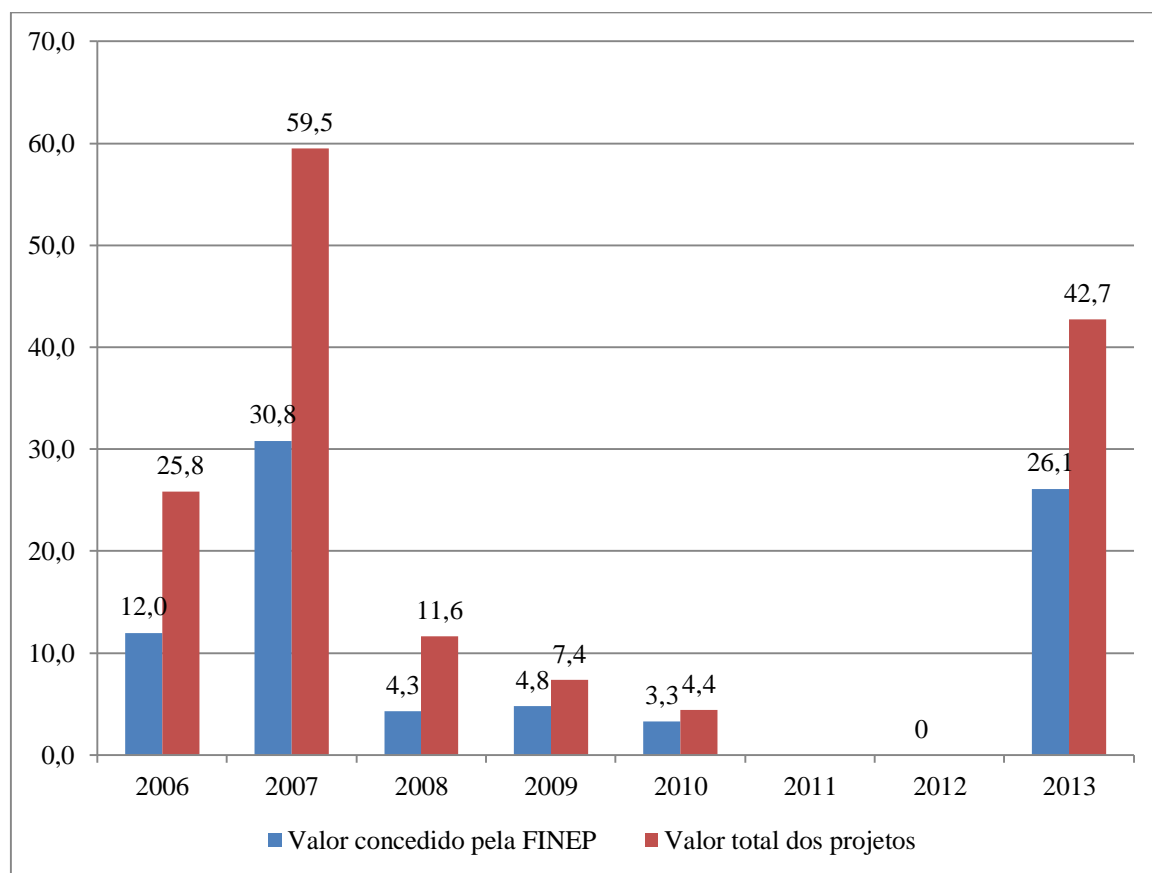
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado da SEI e pedido de informações adicionais à FINEP.

O número total de projetos implementados nesse programa no período foi de 56. O número de projetos aprovados nos editais de resultados foi de 65, contudo 9 deles não foram cancelados posteriormente.

2007 foi o ano com maior número de projetos implementados, assim como cancelados. 2013 ficou em segundo lugar, seguido por 2006. Os anos de 2008 a 2010 contiveram alguns projetos na área, mas em números bem menos expressivos que nos dois anos anteriores em parte pela falta de priorização que a NT teve, não sendo citada explicitamente nessas chamadas. Os anos de 2011 e 2012 e os posteriores a 2013 não possuem projetos na área, refletindo as rupturas bruscas dessa política.

A evolução do valor aprovado para NT nesse programa pode ser visto no gráfico 16 a seguir.

GRÁFICO 16 – VALORES CONCEDIDOS PELA SEI E VALORES TOTAIS DESSES PROJETOS POR ANO – R\$ MILHÕES



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado da SEI e pedido de informações adicionais à FINEP.

Como se pode ver no gráfico acima, 2006, mesmo sendo o primeiro ano do programa, já contou com recursos na área, sendo o terceiro ano de maior valor concedido. O pico do programa foi o ano de 2007, com quase R\$ 31 milhões. Já em 2008 houve uma queda abrupta para um valor cerca de seis vezes menor (R\$ 4,3 milhões). Esse baixo volume de recursos continuou em 2009 e 2010, mostrando a falta de continuidade da política e de priorização da área. 2013 representou um ano de retomada da priorização da NT, sendo o segundo ano em volume de recursos, com cerca de R\$ 26 milhões. Contudo os anos posteriores de 2014, 2015 e 2016 não tiveram editais em NT, assim como não foram anos de grande número de editais.

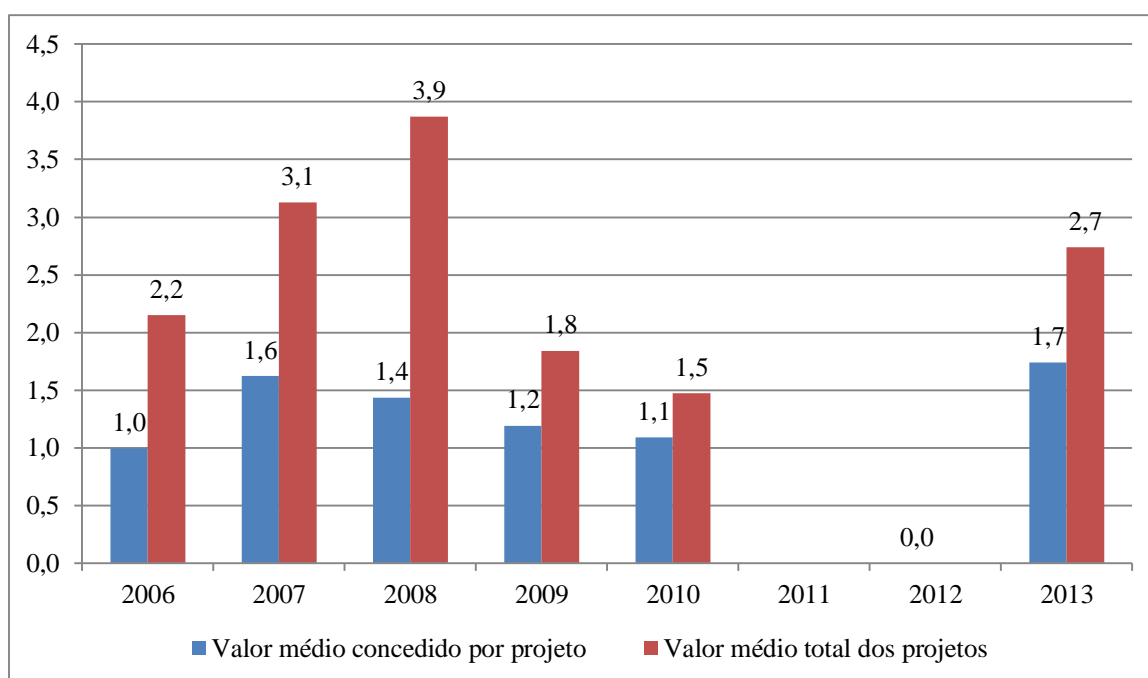
Dado o exposto, reforça-se a constatação de falta de priorização e de continuidade na formulação de políticas que foquem em NT. Ao todo, foi possível identificar a concessão pela FINEP de R\$ 81,29 milhões em projetos de NT no período. A soma do valor total (valor concedido mais contrapartidas das empresas) dos projetos na área foi de R\$ 134,83 milhões.

A proporção do valor desses projetos financiada pela FINEP foi de 60,2%, ou seja, a FINEP cobriu mais da metade dos gastos das empresas nesses projetos.

Aqui um adendo, as contrapartidas das empresas podem ser financeiras ou não financeiras, que englobam itens como instalações e materiais para pesquisa, assim a proporção dos gastos coberto pelas empresas não indica necessariamente desembolsos por parte da mesma.

A evolução dos valores médios concedidos e totais dos projetos no tempo no programa pode ser vista no gráfico 17 abaixo.

GRÁFICO 17 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO E VALOR MÉDIO TOTAL NO TEMPO DOS PROJETOS EM NT – EM R\$ MILHÕES

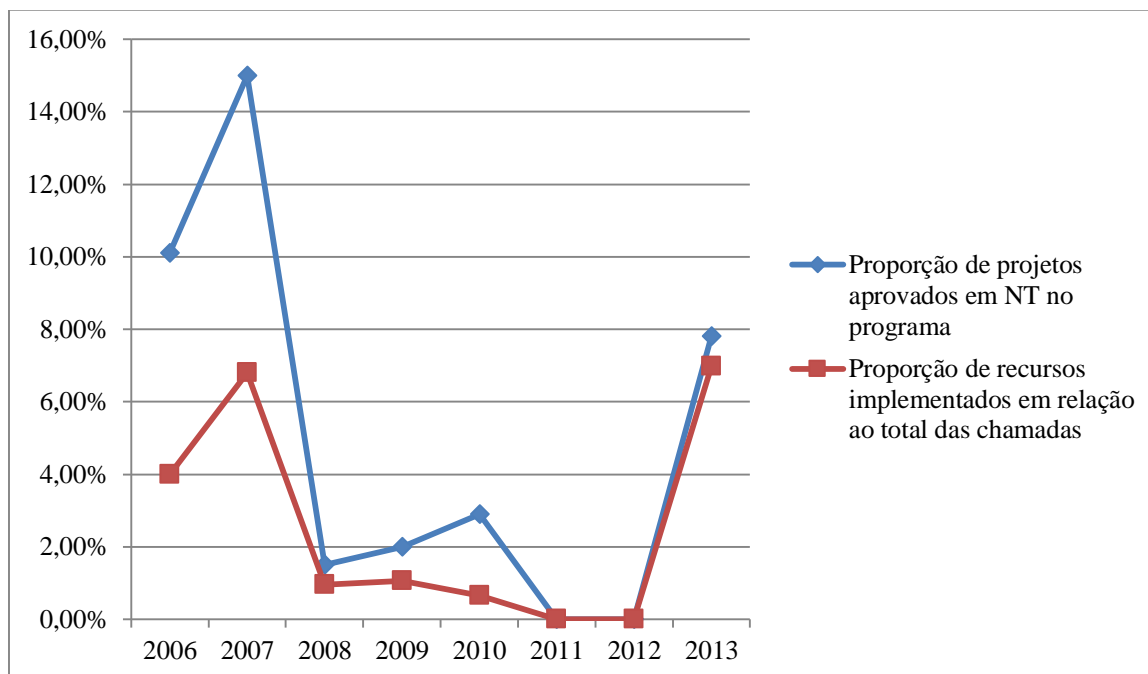


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado da FINEP e pedido de informações adicionais à FINEP.

Os anos de 2007 e 2013 foram os de maiores valores médios concedidos, assim como de total de recursos. 2008 apresenta os projetos de maior valor médio total – lembrando que se trata de um projeto encaixado na área de saúde e dois na de programas estratégicos. Em termos da proporção da participação de recursos da SEI no valor total dos projetos por ano em NT, tem-se: 2006 com 46,4%, 2007 com 51,8%, 2008 com 37%, 2009 com 64,8%, 2010 tendo 74,5% e 2013 com 61%. Assim, os anos que a agência mais beneficiou as empresas em termos relativos foram 2010 e 2009, justamente anos em que a NT não foi priorizada no

programa. A seguir, a proporção de projetos e recursos destinados à NT em relação ao total do programa.

GRÁFICO 18 – PROPORÇÃO DOS PROJETOS E RECURSOS DA SEI PARA NT



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais à FINEP e editais de chamada.

Percebe-se que foi dada importância para a NT no ano de 2006 nesse programa, reforçada em 2007. Contudo, após esse ano, houve uma descontinuidade nessa importância, retomada em 2013 e novamente não levada à frente até o momento.

Em suma, para este programa, a política de promoção da NT foi pouco seletiva em relação ao que poderia ter sido e muito descontínua, apresentando uma ruptura em termos de priorização nas chamadas em 2008, com uma tentativa de retomada em 2013 seguida por outra ruptura. Essa falta de priorização entre 2008 e 2010 se refletiu em um baixo número de projetos na área e na ausência deles em 2011 e 2012. Os anos posteriores a 2013 foram de ruptura total com a NT. A importância dada a NT e os valores investidos foram pouco significativos na maioria dos anos na contramão da ênfase atribuída à área nos documentos de política de C,T&I. Exceto pelos anos de 2007 e 2013 e em menor grau 2006, a NT teve maior destaque no plano do discurso da política que na prática nesse programa.

#### 4.2.3 A nanotecnologia no ICT-E

Dando sequência à análise, passa-se agora ao programa de subvenção a projetos de associação entre ICTs e empresas da FINEP – ICT-E. Sua análise foi dividida em duas partes: a primeira centrada nas chamadas que mencionaram a NT explicitamente e a segunda nos editais que não a mencionaram em suas chamadas, mas que possuíram projetos na área.

O quadro 8 apresenta uma síntese dos editais que mencionam explicitamente NT.

QUADRO 8 - RESUMO DAS CHAMADAS DO PROGRAMA ICT-E QUE MENCIONARAM NT

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS: áreas prioritárias, vinculação programática, temas prioritários em nanotecnologia, valor e número de projetos aprovados nos editais de resultados
<p><b>CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP/FNDCT – Nanotecnologia – 01/2004</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: nanotecnologia.</li> <li>- Vinculação: Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia (PPA 2005-07).</li> <li>- Temas em NT: Nanobiotecnologia, Sensores; Materiais nanoestruturados; Materiais nanomagnéticos.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 930 mil.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 6.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 4.</li> <li>- Valor concedido para NT – R\$ 587 mil.</li> <li>- Valor de contrapartida das empresas: R\$ 1,6 milhão.</li> <li>Valor total dos projetos em NT: R\$ 2,2 milhões.</li> <li>Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 146 mil.</li> <li>Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 556 mil.</li> </ul>
<p><b>Ação Transversal – Cooperação ICTs -Empresas - 02/2004</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: interação pesquisa-empresa e transferência de tecnologia; Fármacos e Medicamentos, Bens de Capital, Semicondutores, Software, e áreas portadoras de futuro, como Biotecnologia, Nanotecnologia e Biomassa e projetos sustentáveis – áreas da PITCE.</li> <li>- Vinculação: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (2004-2008).</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 55 milhões sem discriminar por área prioritária.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 1.</li> <li>- Valor destinado à NT: R\$ 314 mil.</li> <li>Valor total do projeto em NT: R\$ 314 mil.</li> <li>Valor da contrapartida das empresas em NT – R\$ 0.</li> </ul>
<p><b>Ação transversal ICT-empresas 01/2005</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas da PITCE, incluindo cadeia do Petróleo, Gás e Energia.</li> <li>- Vinculação: PITCE (2004-2008).</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 25 milhões.</li> </ul>

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS: áreas prioritárias, vinculação programática, temas prioritários em nanotecnologia, valor e número de projetos aprovados nos editais de resultados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 2.</li> <li>- Valor concedido aos projetos em NT: R\$ 631 mil.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 631 mil.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas em NT: R\$ 0.</li> <li>- Valor médio concedido e total por projeto em NT: R\$ 315 mil.</li> </ul>
<b>BIOPRODUTOS- Ação Transversal 02/2005</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: bioprodutos terapêuticos para várias doenças.</li> <li>- Vinculação: Fundo Setorial de Biotecnologia – CT-Biotec e Fundo Nacional de Saúde – FNS.</li> <li>- Temas em NT: não engloba explicitamente, destaca a possível incorporação da nanotecnologia nesses novos bioprodutos. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor total previsto: R\$ 12 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 1.</li> <li>- Valor concedido para a NT: R\$ 1,1 milhão.</li> <li>- Valor total do projeto em NT: R\$ 1,2 milhão.</li> <li>- Valor da contrapartida da empresa em NT: R\$ 91 mil.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ação Transversal – Nanotecnologia – 03/2005</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Nanotecnologia.</li> <li>- Vinculação: Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia (PPA 2004-2007).</li> <li>- Temas em NT: Cadeia produtiva do agronegócio; setor de energia; setor eletroeletrônico; setor de pigmentos e tintas; saneamento básico e recursos hídricos; siderurgia, vidros e cerâmicos; Setores químico e petroquímico; setor têxtil; setor de cosméticos; setor de saúde (humana e animal). <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor total previsto: R\$ 10,5 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 9.</li> <li>- Valor concedido para os projetos em NT: R\$ 4,1 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 53,5 milhões.</li> <li>- Valor de contrapartida em NT: R\$ 49,3 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 460 mil.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 5,9 milhões.</li> </ul> </li> </ul>
<b>MICROELETRÔNICA – 01/2005</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: hardware, TICs, eletroeletrônica, automação e áreas correlatas.</li> <li>- Vinculação: Ministério da Ciência e Tecnologia.</li> <li>- Temas em NT: nanoeletrônica e nanossistemas. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor total previsto: R\$ 8 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 0.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ação Transversal – Cooperação ICTs – MPEs– 10/2005</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas da PITCE, incluindo Petróleo, Gás e Energia.</li> <li>- Apoio: micro e pequenas empresas em associação com ICTs, encadeamento empresarial e Arranjos Produtivos Locais; <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vinculação: MCTI com apoio do SEBRAE.</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 30 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 2.</li> </ul> </li> </ul> <p>AMBOS OS PROJETOS EM NT FORAM CANCELADOS.</p>



EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS: áreas prioritárias, vinculação programática, temas prioritários em nanotecnologia, valor e número de projetos aprovados nos editais de resultados
<b>Ação Transversal – Cooperação ICTs-Empresas – 06/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas da PITCE e cadeia do petróleo.</li> <li>- Vinculação: MCTI e programa RHAE do CNPq.</li> <li>- Temas em NT: não especifica.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 67,8 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 9.</li> <li>- Valor concedido para os projetos em NT: R\$ 2,1 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 6,1 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 3,8 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 234 mil.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 680 mil.</li> </ul>
<b>Ação Transversal – Cooperação ICTs – MPEs– 07/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas PITCE, exceto fármacos e medicamentos com edital específico para 2006.</li> <li>- Vinculação: MCTI e SEBRAE.</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 35 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 2.</li> </ul> <p style="text-align: center;">AMBOS OS PROJETOS EM NT FORAM CANCELADOS.</p>
<b>Ação Transversal – Cooperação ICTs – Empresas / Encadeamento Empresarial - 11/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas da PITCE e cadeias do Petróleo e Gás, exceto óleos pesados, dutos e tecnologia do Gás Natural, que possuem edital específico em 2006.</li> <li>- Apoio: competitividade de redes de fornecedores e compradores de médias e grandes empresas nacionais.</li> <li>- Vinculação: MCTI e SEBRAE.</li> <li>- Temas em NT: Não especificado.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 5 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 0.</li> </ul>
<b>Cooperação ICTs/EMPRESAS – MICROELETRÔNICA – 01/2007</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Micro e nanoeletrônica.</li> <li>- Vinculação: MCTI.</li> <li>- Temas em NT: Nanoeletrônica e nanossistemas.</li> <li>- Valor total previsto: R\$ 10 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 0.</li> </ul>
<b>Ação Transversal – Cooperação ICTs – MPEs – 04/2007</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Áreas da PITCE.</li> <li>- Vinculação: MCTI e SEBRAE.</li> <li>- Temas em NT: não especificado.</li> <li>- Valor total previsto – R\$ 26 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT – projetos não detalhados, não possibilitando a classificação.</li> </ul>
<b>AÇÃO TRANSVERSAL – NANOTECNOLOGIA – 5/2009</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: Nanotecnologia.</li> <li>- Vinculação: Programa Mobilizador na área Estratégica de Nanotecnologia, no âmbito da Política de Desenvolvimento Produtivo – PD.</li> <li>- Temas em NT: Nanocatálise; nanotecnologia em Dispositivos Orgânicos; nanotecnologia em biomateriais; nanotubos; nanocompósitos; nanotecnologia para a indústria do aço; nanotecnologia em Fármacos.</li> </ul>

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS: áreas prioritárias, vinculação programática, temas prioritários em nanotecnologia, valor e número de projetos aprovados nos editais de resultados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor total previsto: R\$ 15 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 12.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 10.</li> <li>- Valor concedido para os projetos em NT: R\$ 11,5 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 17,7 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida em NT: R\$ 6,1 milhões.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 1,2 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 1,8 milhão.</li> </ul>

Fonte: elaborado pelo autor com base nos editais de chamada e resultados da subvenção ICT-empresa da FINEP.

Foram treze editais mencionando NT, sendo três específicos para a área (2004, 2005 dentro do Programa de Desenvolvimento da Nanotecnologia e Nanociência - PDNN e 2009 dentro da PDP). Editais específicos para outras áreas que mencionaram a NT foram os de Bioprodutos, como possível de ser incorporada em seus bioprodutos (02/2005), microeletrônica pela nanoeletrônica e nanossistemas (01/2005) e outro de microeletrônica (01/2007), novamente mencionando a nanoeletrônica e os nanossistemas.

As chamadas gerais voltadas para ICTs-empresas foram cinco (02/2004, 01/2005, 03/2005, 06/2006) e para ICT- micro e pequenas empresas – MPEs foram três (10/2005, 07/2006 e 04/2007). Todos os projetos envolvendo nanotecnologia no edital 10/2005 e 07/2006 foram cancelados. Para o edital 04/2007 não foram obtidas dados detalhados, nem mesmo através de pedidos de informações adicionais, não podendo assim definir se a NT foi contemplada ou não, sendo assim ele não fará parte da análise. Todas essas chamadas gerais tiveram como área prioritárias as definidas na PITCE, assim englobando a NT como área portadora de futuro.

Alguns editais tiveram valores de contrapartida bem altos, como o 03/2005 para NT. Isso se deveu majoritariamente ao fato de que alguns de seus projetos continham altos valores de contrapartida não financeira das empresas.

Quanto aos temas priorizados, três editais os definem, justamente os três específicos para NT, em 2004, 2005 e 2009.

O 01/2004 elenca: nanobiotecnologia, materiais nanoestruturados, sensores e materiais nanomagnéticos. Novamente comparando com as áreas da ABDI (2010), tem-se que as áreas de nanobiotecnologia, nanomateriais e nanoeletrônica foram privilegiadas, enquanto outras como nanoenergia e nanoambiente não foram. Os temas desse edital acabaram sendo amplos e pouco seletivos, não priorizando nanotecnologias específicas ou nichos de mercado mais

restritos, exceto pelo último item. Isso, somado ao seu baixo valor concedido de pouco mais de quinhentos mil reais evidenciam a pouca expressividade desse edital. Mesmo assim, ele foi um marco por ser a primeira medida específica para a NT identificada entre todos os programas analisados.

O edital 03/2005 focou nos seguintes setores: cadeia produtiva do agronegócio, setor de energia, eletroeletrônico, pigmentos e tintas, saneamento básico e recursos hídricos, siderurgia, vidros e cerâmicos, químico e petroquímico, têxtil, cosméticos e saúde humana e animal. Esse edital cobriu todas as áreas da ABDI, nanomateriais, nanoeletrônica, nanofotônica pela parte dos eletroeletrônicos, nanoenergia e nanoambiente. Isso acabou fazendo dele pouco seletivo. Seu valor concedido de mais de quatro milhões de reais, apesar de maior que o edital anterior, é pequeno para amplitude de temas priorizados, algo também percebido por Gordon (2010).

O autor ainda ressalta que em 2008, mesmo estando previsto dentro do PNN, o incentivo à inovação empresarial através de associações entre ICTs e empresas não obteve recursos para aplicação, pois os mesmos foram remanejados para projetos de pesquisa básica. Assim, é possível ver tanto uma falta de continuidade, quanto de seletividade nesses instrumentos.

O ano de 2008 não apresentou editais que mencionassem a NT explicitamente. O mesmo para o período posterior a 2009, mostrando uma falta de continuidade na política. Destaque para os anos de 2005 (anterior ao lançamento do programa de Subvenção Econômica) e 2009 como uma retomada, que não teve continuidade, da NT como prioridade.

A chamada de 2009 voltada para NT definiu os seguintes temas prioritários: Nanocatálise, nanotecnologia em dispositivos orgânicos, nanotecnologia em biomateriais, nanotubos, nanocompósitos, nanotecnologia para o aço e para os fármacos, se voltando mais para nanotecnologias e aplicações específicas e mais seletivas, mas mesmo assim ainda amplas. Podem-se ver tecnologias relacionadas com algumas áreas da NT segundo a ABDI, em especial nanomateriais.

Em suma, apesar do elevado número de chamadas que mencionaram NT, a maioria delas não definiu temas prioritários na área. A NT acabou entrando junto com as outras tecnologias consideradas estratégicas pela PITCE e PDP. A falta de priorização e seletividade pode ser vista pelo fato de que somente três chamadas foram específicas para a área, a de 2004, 2005 e 2009.

Agora, os editais desse programa que possuem NT somente em seus resultados, quadro resumo 9 abaixo.

QUADRO 9 – RESUMO DAS CHAMADAS DO ICT-E QUE NÃO MENCIONAM NT NA CHAMADA, MAS POSSUEM NT EM SEUS RESULTADOS

EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS
<b>Carta convite às empresas da cadeia produtiva vinculada ao setor de petróleo e gás natural 2001</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: área de petróleo e gás natural.</li> <li>- Vinculação: Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural – CTPETRO.</li> <li>- Temas: vários, mas nenhum menciona NT explicitamente.</li> <li>- Valor total: R\$ 50 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados com NT: 1, cancelado posteriormente.</li> </ul>
<b>Chamada CT-Petro 02/2003</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: cadeia produtiva do petróleo e gás.</li> <li>- Vinculação: CT-Petro (universidade-empresa).</li> <li>- Temas: não explicita temas na área, nem menciona NT.</li> <li>- Valor total: R\$ 22 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados com NT: 1.</li> <li>- Valor concedido ao projeto em NT: R\$ 179 mil.</li> <li>- Valor de contrapartida do projeto em NT: R\$ 0.</li> <li>- Valor total do projeto em NT: R\$ 179 mil.</li> </ul>
<b>Chamada de temas estratégicos 01/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: óleos pesados, dutos e gás natural.</li> <li>- Vinculação: CT-Petro.</li> <li>- Temas: vários dentro das áreas óleos pesados, dutos e gás natural.</li> <li>- Valor total do edital: R\$ 40,5 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados com NT: 2.</li> <li>- Valor concedido aos projetos em NT: R\$ 1,2 milhão.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 1,4 milhão.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 234 mil.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 593 mil.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 710 mil.</li> </ul>
<b>Chamada CT-Petro Redes Temáticas 01/2009.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo: apoio a projetos de P&amp;D já existentes e novos de interesse das empresas da cadeia de Petróleo e Gás.</li> <li>- Vinculação: CT-Petro.</li> <li>- Temas: projetos já existentes e vários temas para fornecedores dessa rede.</li> <li>- Valor total: R\$ 25 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados com NT: 2.</li> <li>- Valor concedido aos projetos em NT: R\$ 2,8 milhões.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 3,2 milhões.</li> <li>- Valor da contrapartida das empresas: R\$ 451 mil.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 1,4 milhão.</li> <li>- Valor médio total dos projetos em NT: R\$ 1,6 milhão.</li> </ul>
<b>Chamada Cooperação ICTs-Empresas – PRÉ-SAL - 3/2010.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo: projetos de P&amp;D que auxiliem na produção local de tecnologias para o desafio do Pré-Sal.</li> <li>- Vinculação: FINEP.</li> <li>- Temas: vários específicos para o Pré-Sal.</li> <li>- Valor total: R\$ 100 milhões.</li> <li>- Número de projetos aprovados com NT: 2.</li> <li>- Número de projetos implementados em NT: 1.</li> <li>- Valor concedido aos projetos em NT: R\$ 843 mil.</li> <li>- Valor total dos projetos em NT: R\$ 843 mil.</li> </ul>
<b>Chamada Fármacos e Medicamento – 4/2010</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo: projetos de P&amp;D e escalonamento de fármacos e medicamentos.</li> <li>- Vinculação: FINEP e Ministério da Saúde.</li> <li>- Temas: P&amp;D e escalonamento de antirretrovirais e fármacos envolvendo componentes da biodiversidade brasileira.</li> </ul>

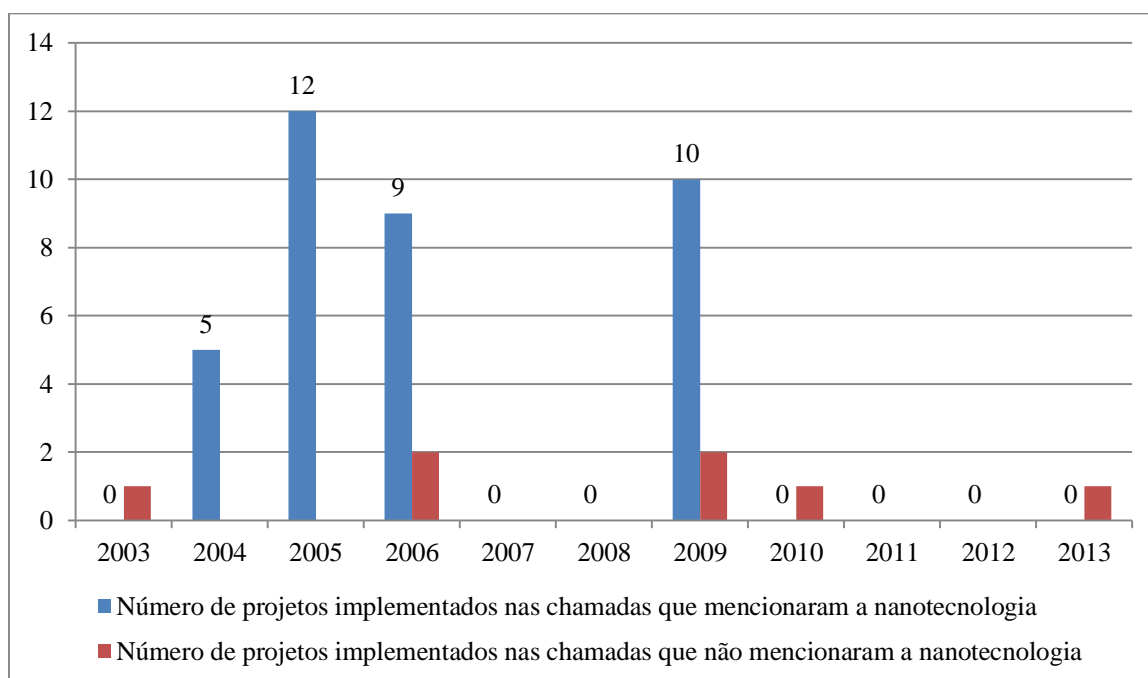
EDITAL DE CHAMADA	CARACTERÍSTICAS
	- Valor total: R\$ 75,5 milhões. - Número de projetos aprovados com NT: 1. - Valor concedido ao projeto em NT: R\$ 2,6 milhões. - Valor total do projeto em NT: R\$ 2,6 milhões.
<b>Chamada Engenharia Biomédica 02/2013.</b>	- Temas: Diagnósticos in vitro e por imagem; Dispositivos implantáveis; Equipamentos eletromédicos e odontológicos; Biomateriais - Vinculação: FINEP e Ministério da Saúde. Voltados para ICTs. - Valor total: R\$ 25 milhões. - Número de projetos aprovados com NT: 1. - Valor concedido para o projeto em NT: R\$ 1,9 milhão. - Valor de contrapartida do ICT em NT: R\$ 48 mil. - Valor total do projeto em NT: cerca de R\$ 2 milhões.

Fonte: Elaborado com base nos editais de chamada e resultados do programa ICT-empresa da FINEP.

Dos sete editais do programa que não mencionaram NT em suas chamadas, mas a contemplaram em seus resultados, cinco foram destinados para a cadeia de Petróleo e Gás, incluindo um para os desafios tecnológicos do Pré-Sal e o primeiro projeto de NT identificado entre os programas em 2001, que não chegou a ser implementado. O primeiro projeto real dos programas foi de 2003, também em um edital da área de Petróleo e Gás. Foram oito projetos para essa cadeia e dois para a área da Saúde.

Abaixo, o gráfico 19 destaca a evolução do número de projetos implementados no programa no período, tanto em chamadas que mencionaram NT quanto nas que só a tiveram em seus resultados.

GRÁFICO 19 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PROJETOS BENEFICIADOS NO ICT-E

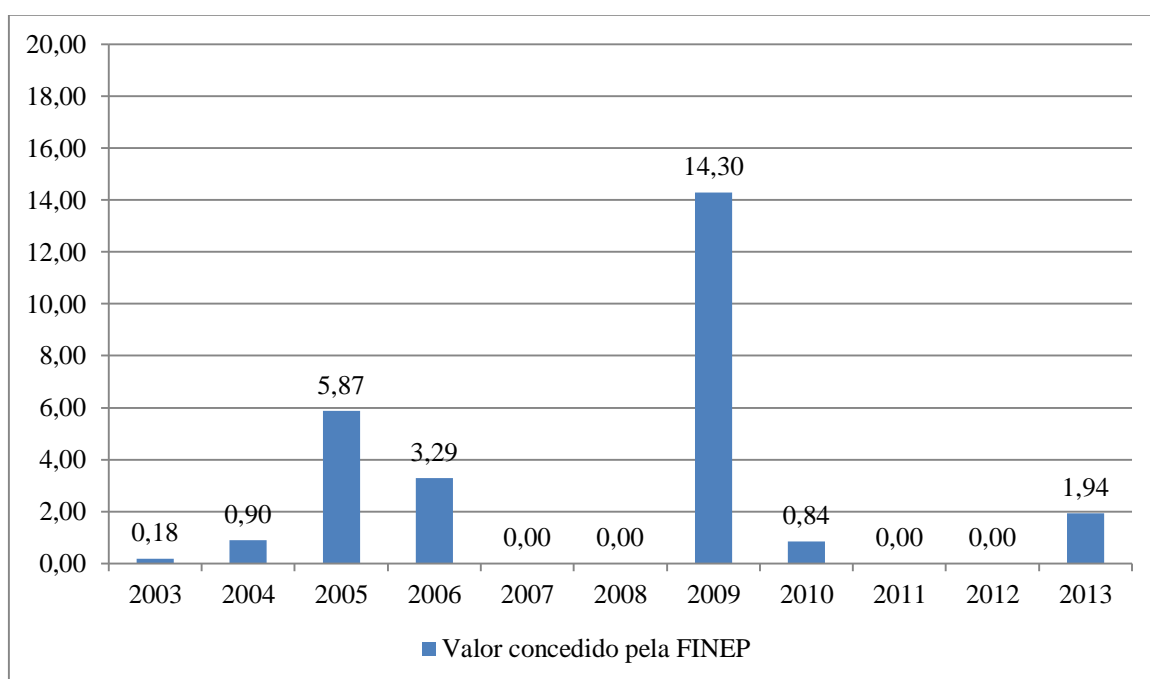


Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais a FINEP.

Percebe-se que os editais que mencionaram nanotecnologia tiveram o maior número de projetos na área, como esperado. Destaque para os anos com editais específicos para a área, 2004, 2005, 2006 e 2009, complementados por editais mais gerais com alguns projetos nesses anos. Os anos vazios representam a ausência não só de editais específicos, como o pequeno número de editais gerais no programa. Percebe-se uma perda da influência desse programa a partir de 2007 no fomento da área, ano de pico da NT na SEI, exceto pelo ano de 2009. Há rupturas nos anos de 2007 e 2008, com retomada em 2009 não seguida por retomadas de editais mencionando NT, somente projetos esparsos de outras áreas. Foram 43 projetos implementados, sendo 33 em editais que mencionaram a NT em suas chamadas e 10 em que a NT só apareceu nos resultados.

Os valores desembolsados, já desconsiderando os projetos cancelados, podem ser vistos o gráfico 20 abaixo.

GRÁFICO 20 – EVOLUÇÃO DO VALOR IMPLEMENTADO NO PROGRAMA ICT-E – R\$ MILHÕES



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais à FINEP.

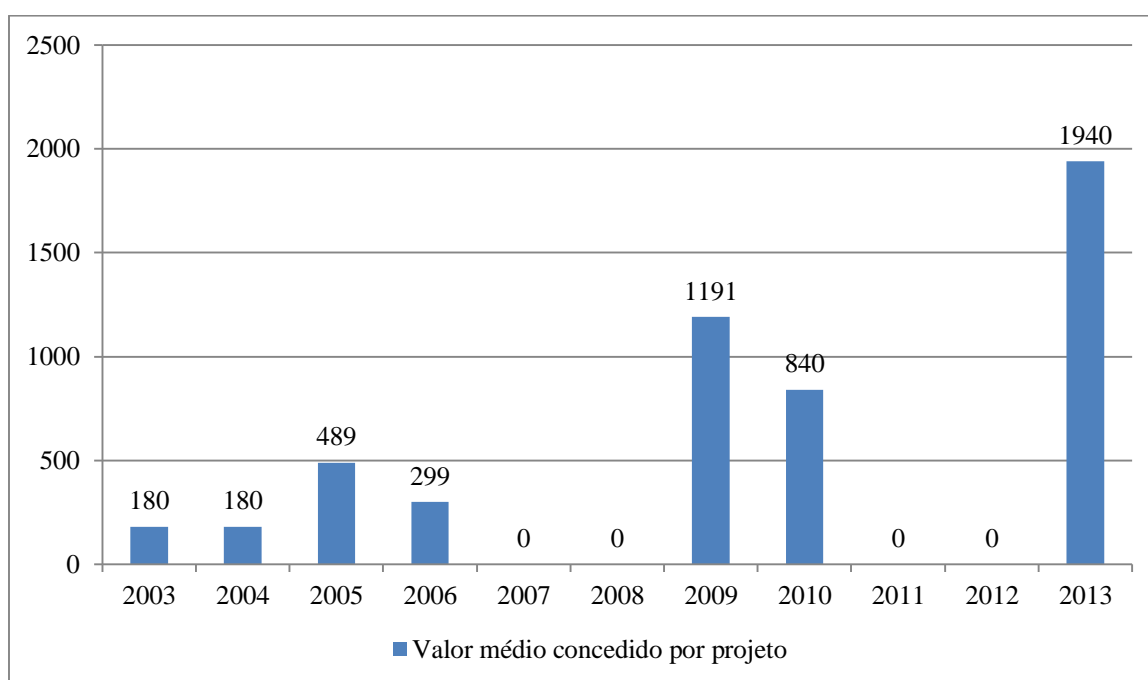
O gráfico acima demonstra claramente a descontinuidade da política. Os anos de maior destaque foram os com chamadas específicas para a área, 2005, 2006 e 2009, seu ano de pico. O ano de 2004 apresenta menor intensidade devido ao baixo valor do edital. O valor total concedido pelo instrumento no período foi de R\$ 27,32 milhões, sendo o valor total dos

projetos R\$ 89,88 milhões. Como foram 43 projetos implementados, temos que o valor médio concedido pela FINEP por projeto foi de quase R\$ 635 mil e o valor médio total foi de cerca de R\$ 2 milhões por projeto, valor distorcido pelos altos valores de alguns projetos de 2005.

Em suma, o fato de somente três editais serem específicos para a NT e definirem temas prioritários, assim como o baixo valor destinado à área, exceto em 2005, 2006 e 2009, indicam a falta de seletividade, priorização e o baixo volume de recursos dedicados para a área. A política é claramente descontínua, com iniciativas tímidas em 2004, reforçadas em 2005 e 2006, rompidas em 2007 e 2008 totalmente, seguidas de uma tentativa de retomada em 2009 significativa, sem continuação posterior, mostram a fragmentação da política e que a NT acabou sendo mais valorizada no discurso que na prática.

O gráfico seguinte ilustra o valor médio concedido por projeto.

GRÁFICO 21 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR PROJETO DO ICT-E – R\$ MIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado e pedido de informações adicionais do ICT-E da FINEP.

Pela análise do gráfico acima, nota-se o baixo valor médio dos projetos nos anos iniciais, inclusive no ano que teve o primeiro edital específico para NT em 2004. 2005 também teve edital especial para a NT e aumentou-se o valor médio concedido. O edital específico de 2009 teve projetos de valor médio concedido maior, assim como os dois projetos dos dois últimos editais da área de saúde que só tiveram a NT nos resultados, nos quais a NT nem sequer foi citada na chamada.

Assim como na SEI analisada acima, a política de fomento à NT no ICT-E foi descontínua, marcada por rupturas e tentativas de retomadas sem sucesso. Foram poucos os editais específicos para a área e tenderam a cobrir um amplo leque de temas, tirando seu poder de seletividade. Os valores concedidos foram baixos na maioria dos anos.

#### 4.2.4 A nanotecnologia no programa RHAE

O próximo programa a ser analisado será o RHAE do CNPq, abaixo o quadro 10 com um resumo das chamadas envolvendo NT.

QUADRO 10 – RESUMO DAS CHAMADAS DO PROGRAMA RHAE QUE MENCIONARAM NT

CHAMADAS RHAE	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS: TEMAS, VALORES, PROJETOS
<b>RHAE 32/2007</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: todas da PITCE, inclusive Nanotecnologia.</li> <li>- Valor total: R\$ 20 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 12.</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 1,4 milhão.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 42.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 1,3 milhão.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 40.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 108 mil.</li> </ul>
<b>RHAE 67/2008</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: PDP, NT como programa mobilizador em área estratégica.</li> <li>- Valor total: R\$ 26 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 17.</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 2,6 milhões.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 69.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 2,6 milhões.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 67.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 150 mil.</li> </ul>
<b>RHAE 62/2009</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: PDP, NT como programa mobilizador em área estratégica.</li> <li>- Valor total: R\$ 30 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 11.</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 2 milhões.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 47.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 1,8 milhão.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 39.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 164 mil.</li> </ul>
<b>RHAE 75/2010</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: PDP, NT como programa mobilizador em área estratégica.</li> <li>- Valor total : R\$40 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 14.</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 3 milhões.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 42.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 2,8 milhões.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 35.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 200 mil.</li> </ul>
<b>RHAE 17/2012</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: PDP, NT como programa mobilizador em área estratégica.</li> </ul>



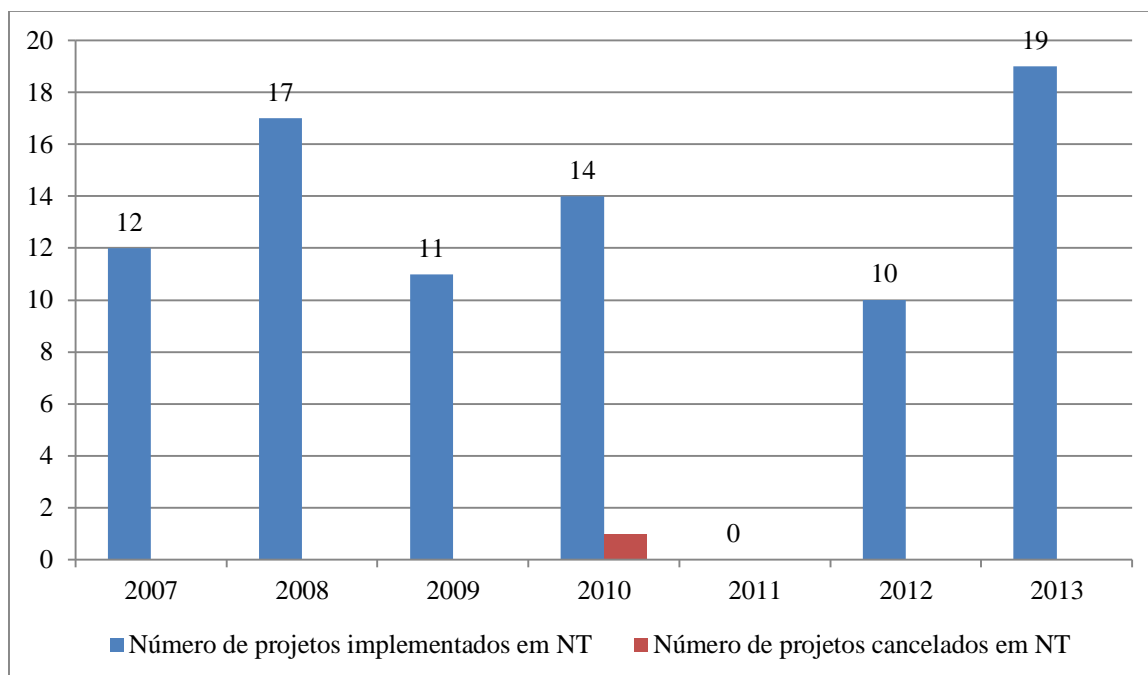
CHAMADAS RHAЕ	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS: TEMAS, VALORES, PROJETOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor total: R\$ 60 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 10 (1 cancelado posteriormente).</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 3 milhões.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 38.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 2,4 milhões.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 27.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 236 mil.</li> </ul>
<b>RHAЕ 54/2013</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas prioritárias: definidas conforme a ENCTI e Plano Brasil Maior.</li> <li>- Valor total: R\$ 60 milhões.</li> <li>- Objetivos: Estímulo à contratação de RH especializado em P&amp;D.</li> <li>- Número de projetos aprovados em NT: 19.</li> <li>- Valor total solicitado para os projetos em NT: R\$ 5 milhões.</li> <li>- Número de bolsas solicitadas para os projetos em NT: 73.</li> <li>- Valor total implementado para os projetos em NT: R\$ 4,3 milhões.</li> <li>- Número de bolsas implementadas para os projetos em NT: 61.</li> <li>- Valor médio concedido por projeto em NT: R\$ 225 mil.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de chamada do programa RHAЕ.

Criado em 1987, as chamadas do programa RHAЕ foram anuais. Contudo, somente a partir de 2007 elas passaram a ser destinadas diretamente às empresas. Assim, o período de análise nesse trabalho será de 2007 a 2016.

A NT entrou como uma área prioritária em todos esses editais como consequência das prioridades estabelecidas nas políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação. Entre 2004 e 2007, os editais seguiram as orientações da PITCE, com a NT como área portadora de futuro. Nos anos de 2008 a 2012 seguiram as diretrizes do PDP, tendo a NT como programa mobilizador em área estratégica. Já o edital de 2013 seguiu as orientações da ENCTI e do Plano Brasil Maior. Em nenhum dos editais se detalhou quais temas em NT deveriam ser prioritários ou quais valores deveriam ser destinados para a área. Essa falta de priorização nos temas é uma característica geral das chamadas do programa. 2011 foi um ano sem chamadas no programa, assim como do ano 2014 em diante. A última chamada foi feita em 2013 e em 2016 o programa foi cancelado. O gráfico 22 mostra a evolução do número de projetos:

GRÁFICO 22 – PROJETOS IMPLEMENTADOS E CANCELADOS EM NT NO PROGRAMA RHAЕ

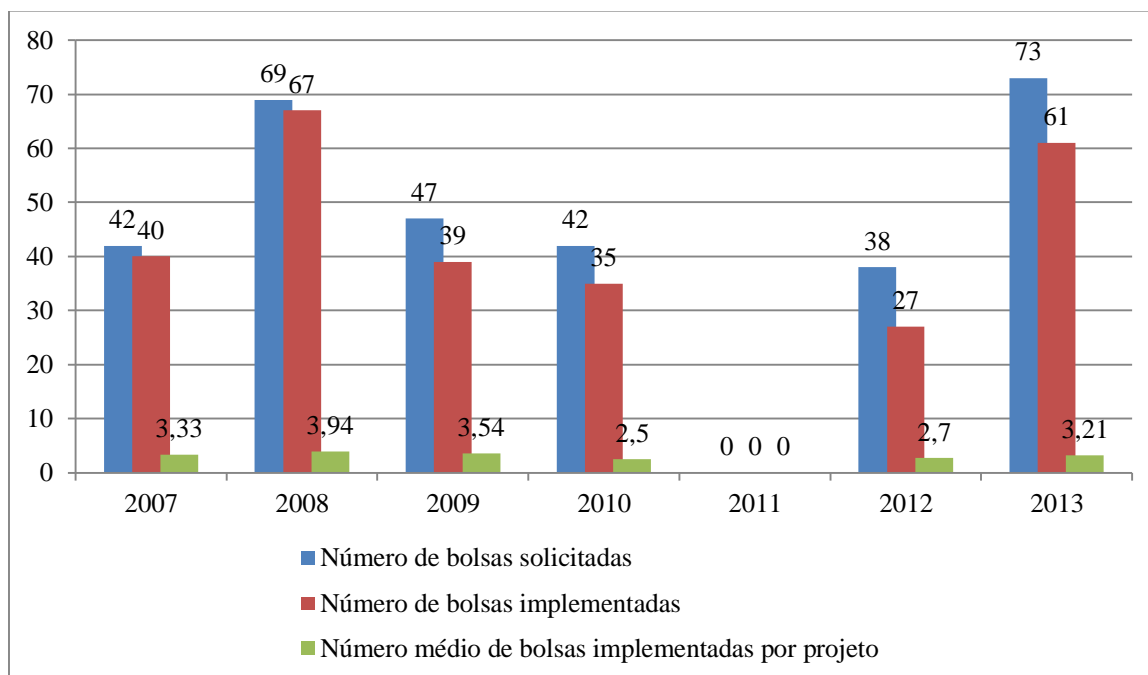


Fontes: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais ao programa RHAЕ do CNPq.

Há certa estabilidade no número de projetos do programa, com maior número (19) no ano de 2013. Lembrando que em 2011 e após 2013 não foram lançadas chamadas no programa. Entre 2007 e 2013, 83 projetos foram aprovados na área e um foi cancelado.

Os projetos beneficiados possuem duração máxima de três anos e podem conter uma ou mais bolsas para pagamento de pessoal em P&D. Há diferentes tipos de bolsa e com categorias que mudaram ao longo do tempo. Abaixo, o gráfico 18 com o número de bolsas solicitadas totais, número de bolsas implementadas e número médio de bolsas implementadas por projeto envolvendo NT ao longo dos anos.

GRÁFICO 23 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE BOLSAS SOLICITADAS, IMPLEMENTADAS E DO NÚMERO MÉDIO DE BOLSAS POR PROJETO EM NT

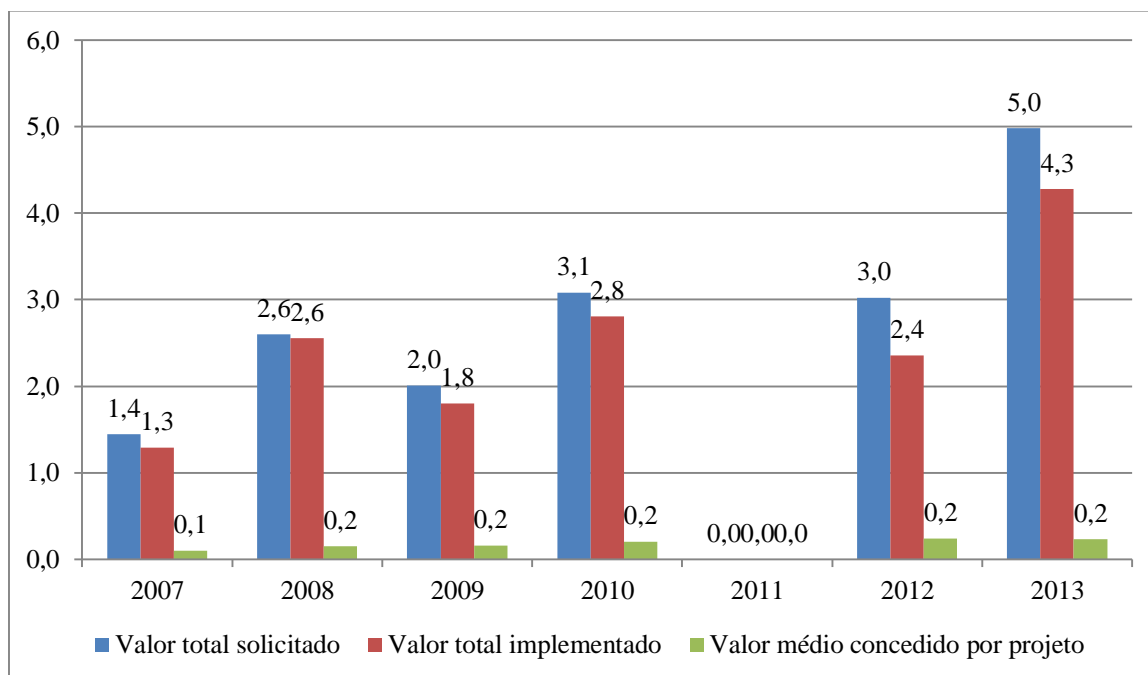


Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais ao programa RHAЕ do CNPq.

As diferenças entre o número solicitado e implementado de bolsas é pequeno. 2013 foi o ano recorde de bolsas solicitadas e 2008 foi o de bolsas implementadas. Há um pico no número médio de bolsas por projeto em 2008. No período, 311 bolsas para projetos que contemplam a NT foram solicitadas, sendo 269 implementadas, o que demonstra uma alta taxa de atendimento do programa para a NT.

Por fim, a análise dos valores do programa. O gráfico 24 abaixo traz os valores solicitados, implementados e o valor médio dos projetos ao longo do tempo. Os valores nos rótulos de dados foram arredondados para uma casa decimal.

GRÁFICO 24 – EVOLUÇÃO DO VALOR SOLICITADO, IMPLEMENTADO E MÉDIO CONCEDIDO POR PROJETO EM NT – R\$ MILHÕES

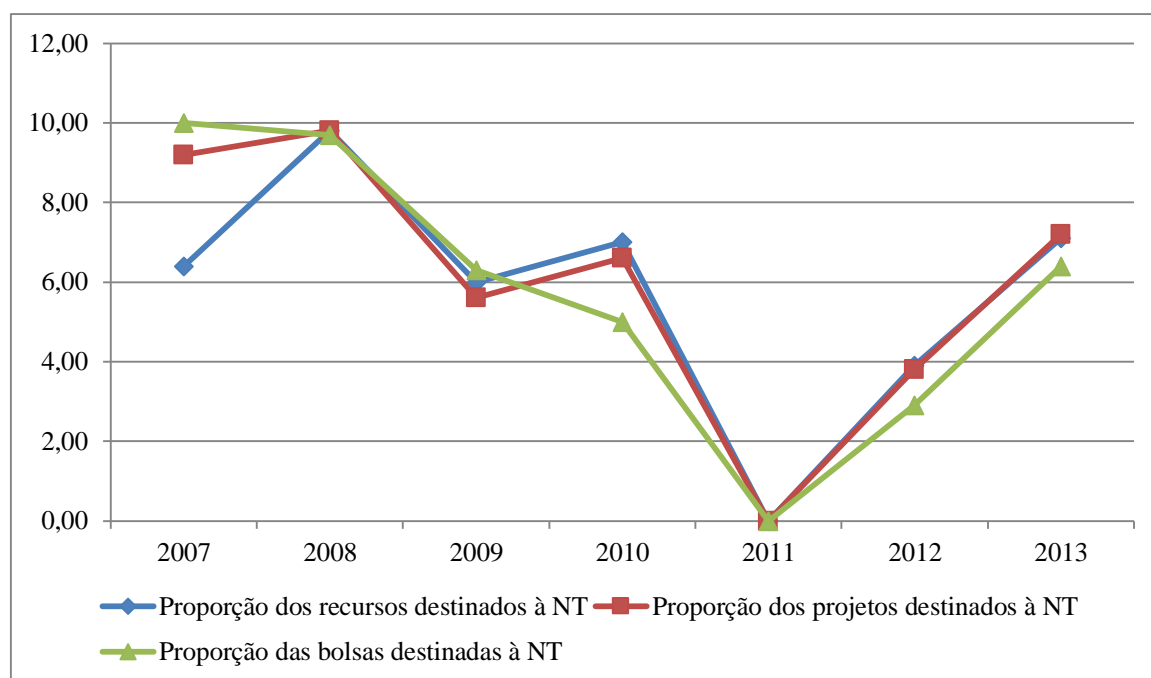


Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais ao programa RHAE do CNPq.

Em termos de recursos aplicados, o ano de 2013 é o mais proeminente. Observa-se para todos os anos uma diferença não tão grande entre o valor total das bolsas solicitadas para os projetos na área e o valor efetivamente implementado. O valor médio dos projetos implementados ficou na casa dos R\$ 200 mil, menor que dos dois programas anteriores. O valor total acumulado solicitado no programa foi de mais de R\$ 17,1 milhões. O valor implementado acumulado foi de pouco mais de R\$ 15 milhões.

Por fim, o gráfico 25 procura demonstrar a importância dada à NT dentro do programa através da proporção de projetos e valores destinados para a área no programa.

GRÁFICO 25 – PROPOÇÃO DAS BOLSAS, VALORES E PROJETOS DA RHAE EM NT



Fonte: Elaborado pelo autor com base em CNPq (2016) e pedido de informações adicionais ao CNPq .

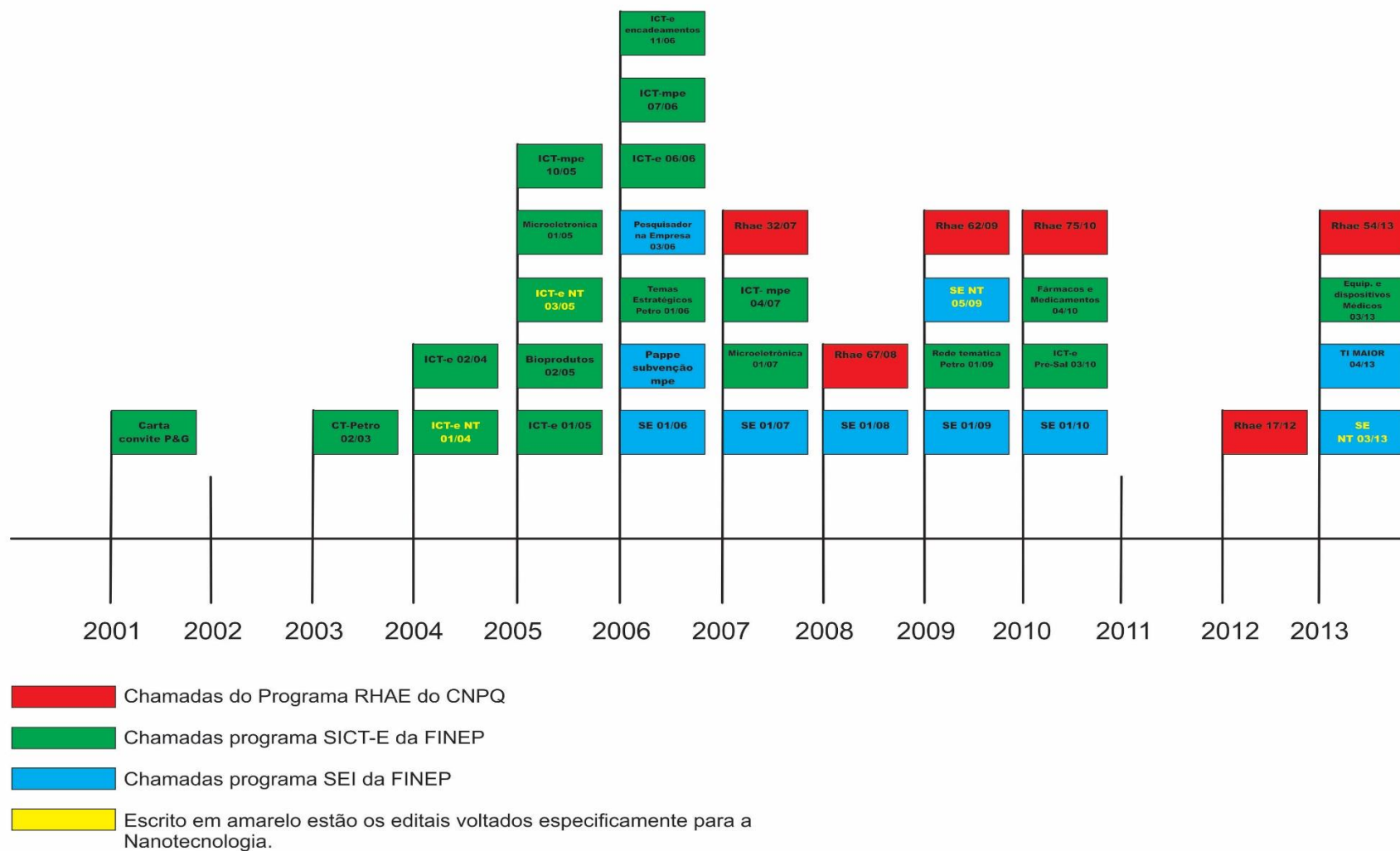
As proporções das três variáveis caminham juntas e são muito semelhantes. O ano em que a NT teve maior destaque em termos relativos foi 2008, seguido de 2007. 2013 apesar dos maiores valores absolutos, ficou em terceiro em termos relativos, próximo aos valores de 2010. A média geral para as três variáveis ficou em cerca de 6% no período.

A proporção dos valores destinada à NT no programa foi razoável, assim como a proporção do número de projetos e de bolsas para a área. Como as chamadas do programa foram gerais, não faz sentido discutir priorização da NT em chamadas ou seletividade da política.

#### 4.2.5 Tendências da política de fomento à nanotecnologia a partir dos três programas

A análise conjunta dos três programas reforça o que se constatou na análise individual deles: a política de inovação em nanotecnologia no Brasil foi descontínua, sendo marcada por rupturas e retomadas que não se mantiveram. Abaixo, uma linha do tempo com as chamadas nos três programas foi construída de modo a expressar essa volatilidade.

FIGURA 3 – LINHA DO TEMPO DAS CHAMADAS QUE MENCIONARAM E/OU CONTEMPLARAM NT



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de chamada dos três programas.

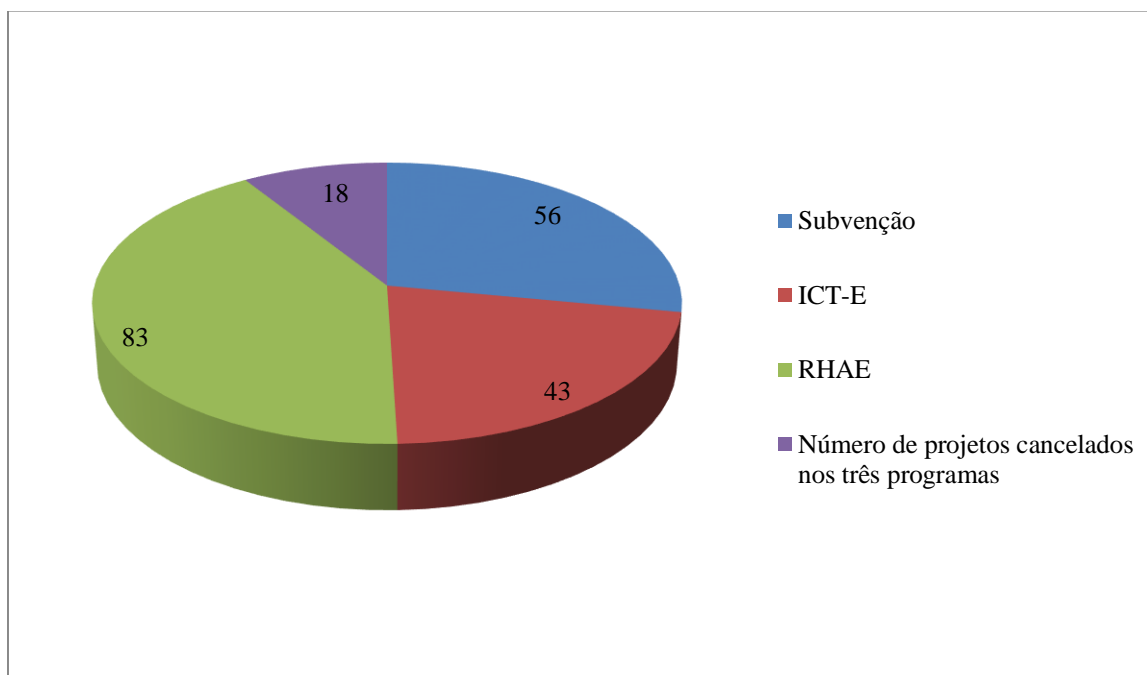
Foram 35 chamadas as todo que mencionaram e/ou contemplaram projetos envolvendo NT. O maior número de chamadas ocorreu em 2006, sete, quando a RHAE ainda não tinha chamadas para a área. Outros anos de destaque foram 2005, quando ainda não havia a Subvenção Econômica, 2007 com vários projetos da SEI na área; 2009 e 2013 com editais específicos para NT, assim como em 2004 e 2005. Antes de 2004 não havia uma política específica para NT voltada para as empresas, sendo os dois editais voltados para a área de Petróleo e Gás e tendo NT somente em seus resultados. Dessas, o projeto de 2001 foi posteriormente cancelado e o de 2003 implementado. Das primeiras medidas na área em 2001 até 2004, a maioria das ações em NT se concentrou no fomento à pesquisa básica e na formação de redes de pesquisadores, não em empresas. 2008 houve uma queda acentuada no fomento empresarial, revertida em 2009. Porém, de 2010 a 2012, a política de fomento à NT foi descontinuada, exceto por alguns projetos da RHAE em 2012. Após 2013, a descontinuidade das chamadas e projetos foi total.

Considerando 2004 o ano inicial de medidas sistemáticas de fomento empresarial, vê-se que 2008 representou uma ruptura na trajetória, recuperada em 2009 e 2010 em termos de editais, com uma nova ruptura em 2011, nesse caso total, com retomada tímida em 2012 e forte em 2013, que não teve seguimento.

Quatro editais foram destinados especificamente para a NT, três no programa ICT-E (2004, 2005 e 2009) e um da SEI em 2013, os quatro, assim como as chamadas gerais da Subvenção 2006 e 2007 definiram temas prioritários dentro da NT, mas como discutido anteriormente, o fizeram de uma maneira muito ampla, não aproveitando o potencial seletivo desses programas.

Quanto à distribuição dos projetos por programa, assim como o número de projetos que foram cancelados após serem aprovados, tem-se o gráfico 26 abaixo.

GRÁFICO 26 – NÚMERO DE PROJETOS APROVADOS EM NT NOS TRÊS PROGRAMAS ENTRE 2003 E 2013



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedido de informações adicionais aos três programas.

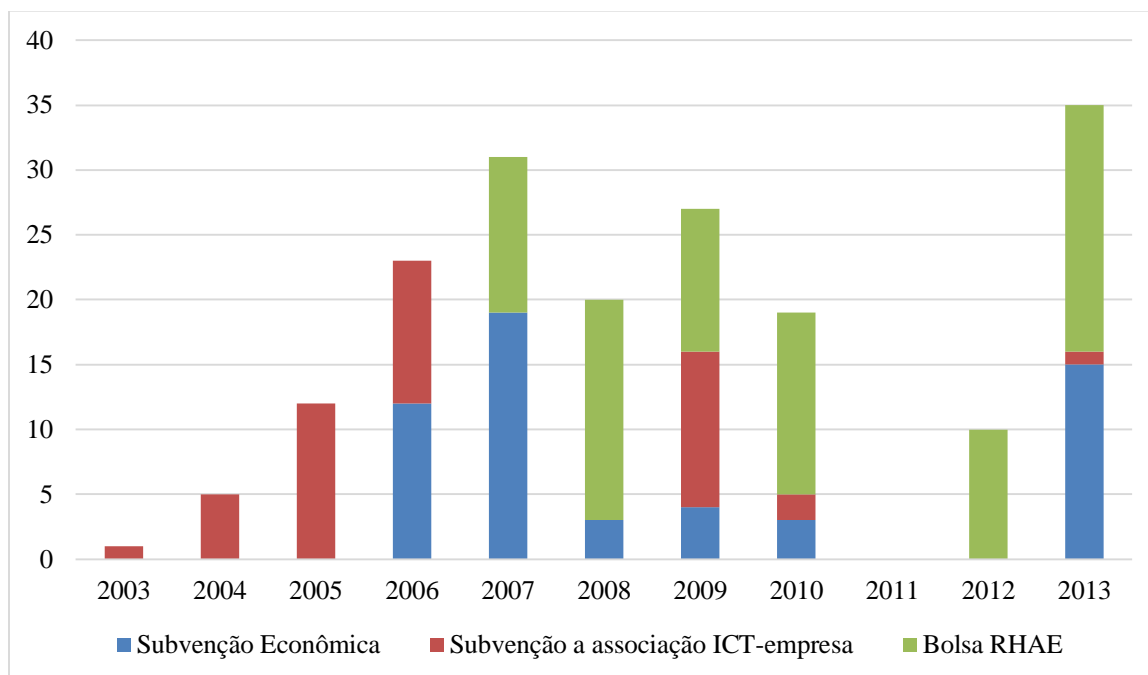
O programa RHAE é o que possui o maior número de projetos. Ele também é o mais recente dos três, iniciando em 2007, o que indica que houve um número médio razoável de projetos por ano, lembrando que esse programa não estabelece proporção de recursos para áreas prioritárias, somente segue as diretrizes das políticas de C,T&I e industriais. O programa teve 83 projetos implementados e um projeto cancelado no período. Em segundo lugar temos a Subvenção Econômica, com 56 projetos implementados e o ICT-E com 43.

Os três programas, apesar de financiarem de modo não reembolsável os gastos em P&D das firmas beneficiadas, se baseiam em pressupostos distintos e possuem focos diferentes. O programa RHAE, por exemplo, apesar de ser líder em número de projetos, fica em último no quesito valor concedido e valor médio. Já o programa SEI é focado em projetos de maior risco tecnológico, por isso é natural ele ter um valor médio maior.

Segue o gráfico 27 com a evolução do número de projetos implementados ao longo dos anos.



GRÁFICO 27 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS EM NT NOS TRÊS PROGRAMAS



Fonte: editais de resultado dos três programas – elaboração própria.

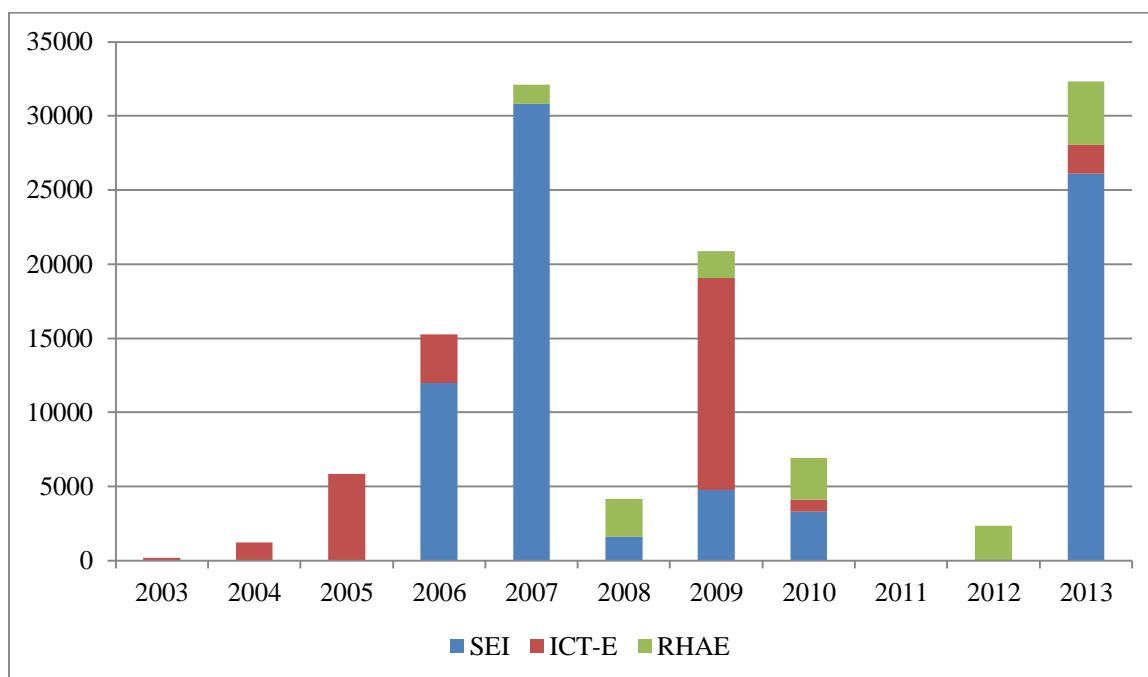
Observa-se que o ano com o maior número de projetos é 2013, ano que representa uma retomada da priorização em NT na FINEP. 2007 aparece em segundo lugar, mesmo não tendo projetos no programa de ICTs e empresas, seguido por 2009. O ano de 2011 foi de poucas ações de fomento nos programas em geral, sendo que a RHAE não teve chamadas e nenhum projeto em NT foi aprovado em nenhum dos três programas. O gráfico demonstra claramente a situação já constatada anteriormente, de que o fomento à inovação empresarial em NT foi muito descontínuo. As primeiras iniciativas em 2004, reforçadas em 2005 foram seguidas por outras nos anos de 2006 e 2007, ainda que nesse último não tenha havido editais específicos para a área e a NT tenha sido considerada prioritária na Subvenção junto com as TICs. Já em 2008 se observa uma queda, contrabalançada parcialmente pelos projetos no programa RHAE. Em 2009 há uma retomada que é suspensa já no ano seguinte, havendo outra tentativa de retomada só em 2013, que não teve seguimento.

Vê-se um maior papel do instrumento de associação ICTs e empresas até 2006, assim como no ano de 2009. A Subvenção divide o protagonismo de 2006 com a ICT-E e domina em 2007, sendo que os anos seguintes são dominados por projetos do programa RHAE.

O gráfico 27 acima só considera os projetos efetivamente implementados, totalizando 183 projetos.

Agora, o gráfico 28 com a evolução dos valores concedidos por programa.

GRÁFICO 28 – EVOLUÇÃO DOS RECURSOS CONCEDIDOS POR PROGRAMA – R\$ MIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais aos três programas.

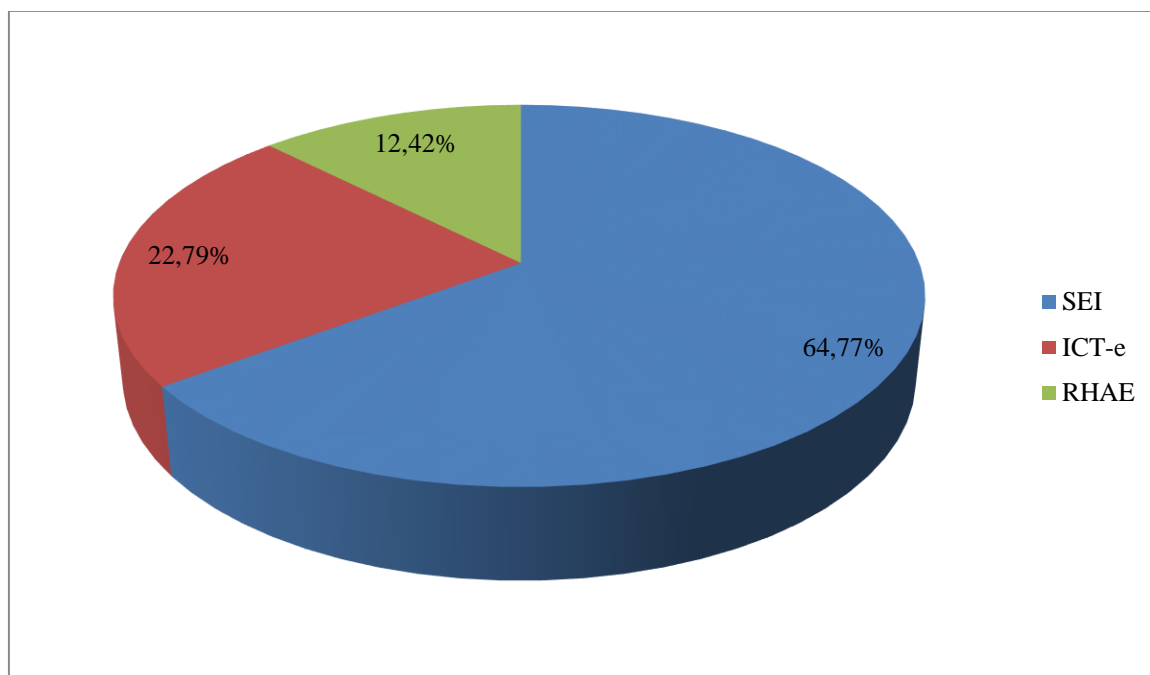
Pode-se perceber a pouca relevância dos valores concedidos pelo programa RHAE, apesar de ser o programa com maior número de projetos (83, sendo 56 da SEI, segundo programa em número de projetos). Os valores concedidos pelo programa ICT-E foram relevantes em 2009 e em menor grau 2005 e 2006. Em 2003, apesar do pouco destaque no gráfico, houve um projeto no valor de R\$179 mil reais e sem contrapartida nesse programa.

A chamada da ICT-E de 2009 foi uma tentativa de retomada da priorização da NT, já que a SEI desse ano nem sequer a citou. Nesse gráfico, a SEI tem destaque em 2006, 2007, o ano em que foi considerada conjuntamente com as TI e em 2013, com edital específico na área. 2013 foi o ano com maior volume de recursos, pouco mais que o concedido no ano de 2007.

Os gráficos 27 e 28 confirmam a descontinuidade da política de fomento à nanotecnologia quando se consideram os três programas em conjunto. As ações só ganharam projeção em 2005 e especialmente a partir de 2006, sendo impactadas por descontinuidades em 2008, 2011, 2012 e depois de 2013.

Por fim, a proporção dos valores concedidos por programa no período está no gráfico 29 abaixo.

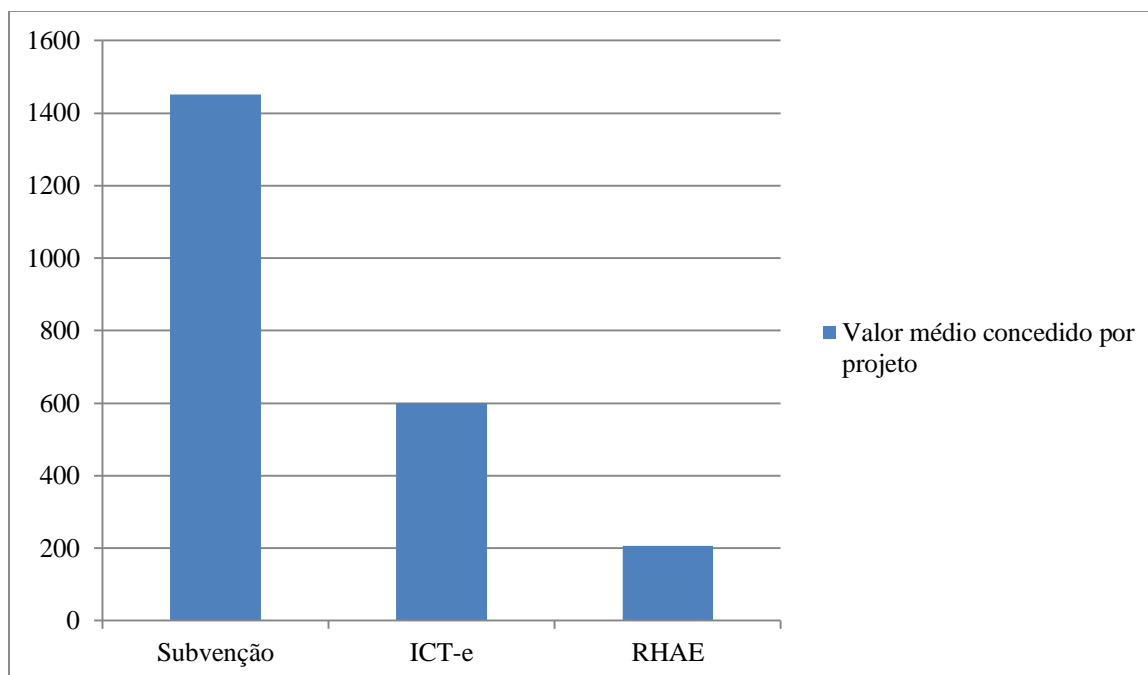
GRÁFICO 29 – PROPORÇÃO DOS RECURSOS CONCEDIDOS POR PROGRAMA



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais aos três programas (2016).

Comparando a proporção dos recursos concedidos com a do número de projetos, reforça-se a ideia de que os projetos da RHAE, programa com maior número de projetos implementados, possuem baixo valor. Isso era esperado já que programa cobre somente parte dos gastos com pessoal dos projetos de P&D. A SEI é a segunda colocada em número de projetos, mas detém quase dois terços do valor concedido, indicando um alto valor por projeto, algo também esperado, já que programa foca em projetos de alto risco tecnológico associados a oportunidades de mercado. A ICT-Empresa é o programa com menor número de projetos e o segundo em termos de recursos. De modo a melhor visualizar o valor médio dos projetos por programa, traz-se o gráfico abaixo.

GRÁFICO 30 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR PROGRAMA – R\$ MIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais dos três programas.

A Subvenção possui valores concedidos médios mais de duas vezes a do segundo colocado, o ICT-E. A RHAE possui um valor médio bem baixo, três vezes menor que o do ICT-E e cerca de sete vezes menores que a SEI. Esses resultados não surpreendem dada a natureza e foco dos programas.

Reforça-se na presente subseção a ideia de descontinuidade, visível em nível dos instrumentos individualmente, assim como os considerando em conjunto. Todos possuem rupturas em algum momento, com o ano de 2011 e os anos posteriores a 2013 se caracterizando como rupturas totais. Há algumas tentativas de retomada, frustradas. A priorização da NT em editais específicos ou como tema prioritário é bastante descontínua, os valores são pouco expressivos na maioria dos anos e os editais são pouco seletivos. Parece não haver uma coordenação entre os programas de modo a sempre priorizar a NT. O período inicial foi marcado por um protagonismo do ICT-empresas, seguido pela SEI, tendo a RHAE destaque nos anos em que os outros programas tiveram poucos projetos, como 2010 e 2012.

As implicações desses fatos são significativas. Retomando o referencial da concepção sistêmica de inovação (PETERS, 2006; EDQUIST, 2011), ao considerar o que surge em termos de inovação como fruto de ligações não lineares entre atores e aspectos do sistema, o fato de um importante elemento institucional, as políticas públicas de fomento à inovação

terem sido tão descontínuas e com valores pouco expressivos na maioria dos anos impacta de forma negativa no desempenho inovativo do sistema, em suma, a política não atuou de modo consistente no estímulo à inovação na área, assim como não incentivou as empresas a entrarem nessa tecnologia de maneira tão forte. Nesse sentido, uma política de inovação em uma tecnologia de amplo potencial como a NT e com longo período de maturação se assemelha com políticas de desenvolvimento de longo prazo.

As outras políticas de fomento na área, como provisão de infraestrutura de pesquisa e de pesquisa básica, podem ter sido eficazes. Contudo, a política na área focando nas empresas e nos instrumentos de financiamento não reembolsável foi instável e volátil.

Outro conceito, o de policy mix (FLANAGAN *et al.*, 2011) pode ser resgatado também. A série de discontinuidades na política refletiu uma falta de coordenação e coerência na política, que acabou sendo afetada por flutuações em outras políticas ou mesmo por disputas internas de recursos para outras áreas.

Considerando ainda o potencial revolucionário da NT (DRECHSLER, 2009) e o fato de ela estar em um momento de maturação, de maior produção de nanociência que de nanotecnologias (MAYYPAN, 2011) com grande parcela do conhecimento sendo genérica, de caráter público (PEREZ, 1992), ou seja, mais fácil de copiar e dominar, a falha da política de fomento em incentivar a entrada de empresas nessa nova tecnologia se torna ainda mais grave, pois até o momento, treze anos de políticas de fomento a empresas em NT se passaram, a nanotecnologia evoluiu e a política de fomento, em vez de aumentar, sofreu um corte abrupto em 2013 e passou por rupturas e continuidades antes disso. Isso é ainda mais preocupante para o caso desses programas que são voltados para projetos de maior risco tecnológico.

A próxima seção explora as aplicações e categorias de uso dos projetos aprovados.

#### 4.3 ÁREAS DE APLICAÇÃO DOS PROJETOS

Uma discussão complementar é sobre quais áreas de aplicação da NT os recursos governamentais foram direcionados efetivamente. Retomando o discutido anteriormente, a maioria dos editais não definiu temas prioritários e os que definiram geralmente priorizaram áreas muito amplas. Dada a diversidade de setores que a NT pode ser incorporada e o volume não tão significativo de recursos de fomento, a política deveria selecionar algumas aplicações

nas quais o país tivesse alguma vantagem e especialização, evitando assim a pulverização de recursos e a escolha de setores com pouco acúmulo de competências no Brasil.

Há uma grande dificuldade na classificação de áreas dentro da nanotecnologia pelo fato de ela ser transversal e ser geralmente incorporada como um meio para alguma melhoria em outra tecnologia, não como uma tecnologia fim. Não há setores específicos para a NT.

Para esse trabalho, uma categorização dos projetos foi criada a partir da aplicação que pôde ser identificada nos títulos dos projetos nos editais. A presente metodologia não é baseada na nanotecnologia específica do projeto, como em *quantum dots* e nanoprata, já que a mesma não era identificável para a maioria dos projetos; nem seguiu categorias de aplicação mais amplas como a ABDI (2010) por serem muito gerais. Também não se optou pela ligação entre a aplicação percebida do projeto e algum nível de atividade econômica da CNAE pela dificuldade de atribuir um projeto a um grupo específico de atividades e pelo fato que a maioria dos projetos indicava sua aplicação em termos amplos, como novo material dental. A NT geralmente foi incorporada em outro produto e essa classificação se baseia no produto incorporado identificado no título dos projetos e as categorias envolveram linhas de produtos semelhantes.

Alguns projetos foram para NTs transversais, como nanocompósitos e nanopartículas, sem aplicações explicitadas. Outras, como agropecuária, acabaram englobando vários itens relacionados, já outras, como produtos odontológicos, foram mais específicas. O quadro 11 abaixo traz as subcategorias de uso dos projetos, uma breve descrição das empresas e as palavras-chave identificadas nos títulos dos projetos que serviram para encaixar os projetos na categoria.

QUADRO 11 – SUBCATEGORIAS DE USO IDENTIFICADAS DOS PROJETOS IMPLEMENTADOS

N.	SUBCATEGORIA DE USO	DESCRIÇÃO	PALAVRAS-CHAVE IDENTIFICADAS
1	NANOCOMPÓSITOS, NANODISPERSÕES E NANOEMULSÕES	Materiais com diferentes propriedades e variados usos obtidos através da nanotecnologia	Blendas, nanocompósitos de elastômero e argila, borracha natural e argila, polietileno-amido, entre outros, nanocompósitos reforçados, nanoemulsões, nanodispersões
2	NANOPARTÍCULAS	Foco na produção de nanopartículas sem aplicação identificada	Nanopartículas de ouro, alumina, óxidos, pós cerâmicos e cerâmicas.
3	METAIS E LIGAS	Refino, produção de ligas e materiais com base em metais e equipamentos de sua indústria	Cobre eletrolítico, refratários para metal-mecânica
4	MATERIAIS NÃO METÁLICOS	Produção de materiais e matérias-primas não metálicas	Carbono nanoestruturado, dessulfatação de água do mar, papel, celulose e biocompósitos.
5	PLÁSTICOS,	Materiais poliméricos	Poliuretano biodegradável, poliolefinas,

N.	SUBCATEGORIA DE USO	DESCRIÇÃO	PALAVRAS-CHAVE IDENTIFICADAS
	POLÍMEROS, RESINAS E BORRACHAS	variados, incluindo plásticos e borrachas	policloreto de vinila, resinas e polímeros, nanoplataforma polimérica, nanogéis de polipropileno, elastômero (tipo de borracha) para o Pré-Sal, polietileno, polímeros, poliestireno, cerâmicas aplicadas em plásticos.
6	ADITIVOS, MATERIAIS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	Produtos intermediários usados por indústrias não classificáveis em categorias anteriores	Tubos pneumáticos, nanocompósitos de barreira para automóvel, tensoativos para variados usos.
7	REVESTIMENTOS, COATINGS E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	Aplicação de nanotecnologia em camadas com variados fins para diversos produtos e tratamento se superfícies	Revestimentos nanocristalinos, termoisolantes, óxidos sobre aço inoxidável, <i>coating</i> cerâmico, revestimentos nanoestruturados aspergidos termicamente, tratamento de superfícies, revestimento de nanocerâmica.
8	TINTAS E PIGMENTOS	Aplicação de nanotecnologia em aditivos ou produtos pigmentares e tintas em geral	Pigmentos cerâmicos e odontológicos, pigmentos inorgânicos de resíduos industriais, nanodispersões para tintas especiais.
9	COLAS E ADESIVOS	Materiais utilizados como colas e adesivos	Adesivo autocondicionante, Nanocompósito para adesivo.
10	TÊXTEIS E CALÇADOS	Aplicação de nanotecnologia em vestuário e calçados	Materiais têxteis para calçados, nanocompósitos e fibra de vidro para indústria têxtil.
11	REVESTIMENTOS CERÂMICOS	Peças de revestimento de construção civil	Revestimento cerâmico, nanopós cerâmicos para revestimentos esmaltados.
12	FILMES E EMBALAGENS	Filmes e embalagens para outros produtos	Filmes nanoestruturados, filmes vegetais, embalagens inteligentes e ativas.
13	ELETRÔNICA E ÓPTICA	Equipamentos e peças eletrônicas e ópticas	Dispositivo óptico baseado em <i>quantum dots</i> semicondutores.
14	PETRÓLEO, DERIVADOS E PETROQUÍMICOS	Atividades e equipamentos para a cadeia do petróleo, extração, refino, derivados e petroquímicos não encaixados em categorias mais específicas	Extração de petróleo, nanocatalisadores petroquímicos, dutos, equipamentos de perfuração offshore, eteno a partir de gás natural, óleos lubrificantes e derivados do petróleo, lubrificante para sistemas hidráulicos industriais.
15	BIOCOMBUSTÍVEIS E HIDROGÊNIO	Usos da nanotecnologia na cadeia dos biocombustíveis e hidrogênio	Biodiesel.
16	ENERGIA SOLAR	Produção de peças, materiais e equipamentos de energia solar	Células solares, células fotovoltaicas.
17	ENERGIA ELÉTRICA	Equipamentos e peças para a geração ou transmissão de energia elétrica	Transformadores e indutores.
18	FILTROS E REMEDIAÇÃO AMBIENTAL	Aplicações envolvendo fins ambientais	Membrana de remoção de gases, remediação de efluentes industriais, remediação de acidentes com óleo, filtro de sistemas contaminados com petróleo.
19	AGROPECUÁRIA	Usos ao longo da cadeia da agropecuária, como em agricultura de precisão,	Nanodispersões de defensivos agrícolas, sensores de umidade de solo, sensor cerâmico para nitrogênio no solo, micro-organismo para

N.	SUBCATEGORIA DE USO	DESCRIÇÃO	PALAVRAS-CHAVE IDENTIFICADAS
		manipulação de organismos vivos e aplicações veterinárias	crescimento de plantas e tratamento de sementes, liberação controlada de vitamina B12 aplicação veterinária.
20	ALIMENTOS	Aditivos e produtos usados na alimentação humana	Fruticultura e indústria de vinhos e sucos.
21	PRODUTOS ANTIMICROBIANOS	Produtos e aditivos com fim específico de criação de um produto antimicrobiano	Inserção de agente biocida, materiais fungicidas, nanocompósitos bioativo contra micro-organismos, ação antibacteriana, polímero antimicrobiano, nanopartículas antimicrobinas.
22	COSMÉTICOS E HIGIENE PESSOAL	Produtos relativos à beleza humana e cuidados pessoais	Nanocosméticos, creme labial, cosmético com biodiversidade do país, cosmético clareador e antioxidante, cosmético com liberação controlada de repelentes de mosquitos, cosmético de alta performance, cosméticos lábeis, uso em cosméticos de partículas lipofílicas, nanoemulsão cosmética cabelo, dermocosmética, cosmético antioxidante e anti-inflamatório, nanocosméticos antissinais, produtos cosméticos.
23	PRODUTOS ODONTOLÓGICOS	Materiais, peças e equipamentos de uso odontológico	Material restaurador, porcelanas odontológicas reforçadas, pós de cerâmica e titânio, adesivos odontológicos, biomateriais odontológicos, restaurador bioativo, dessensibilizante dentinário, restaurações odontológicas indiretas, vidro em pó para materiais dentários, brackets cerâmicos, recobrimento de implantes dentários.
24	MEDICAMENTOS E TRATAMENTOS	Aplicações em fármacos, medicamentos e tratamentos diversos	Leishmaniose, artrite reumatoide, fotossensibilizador, cardiovascular, antitumorais, tecnologia transdérmica, tuberculose, novas formas farmacêuticas, vetorização de quimioterápicos, terapia celular, curativo de liberação prolongada, carregadores de fármacos, nanoencapsulação de drogas, câncer, curativos inteligentes, biofármacos para câncer, helmintíases, anticorpo para câncer de pulmão, liberação controlada de ativos em fototerapia, radiofármacos para braquiterapia, fármacos magneticamente guiados, tumores e queratoses actíneas, fitofármacos, oncomicoses.
25	DIAGNÓSTICOS, BIOSSENSORES E TESTES BIOLÓGICOS	Aplicações em medicina diagnóstica, sensores e testes em organismos biológicos	Diagnóstico rápido ELINOR, contraste para diagnóstico de câncer de mama, purificação de anticorpos monoclonais, sensor de doenças neurodegenerativas e infecciosas, teste do pezinho, testes biológicos e toxicológicos, sensor anticorpos de hepatite B, kits diagnósticos.
26	PRÓTESES, IMPLANTES, BIOTECIDOS E REGENERAÇÃO ÓSSEA	Biomateriais para regeneração ou substituição de tecidos biológicos	Prótese e implantes, enxertia óssea, regeneração óssea, engenharia tecidual, prótese de quadril, tecidos inteligentes em implantes ósseos.
27	CATEGORIA MISTA	Envolve mais de uma das categorias descritas acima	Subcategorias: 5 e 8; 14 e 15; 18,19 e 24; 20 e 24; 20 e 24; 19,20 e 22; 5 e 21; 6 e 21; 24 e 26; 19 e 24; 19 e 24; 6 e 19.
28	NÃO IDENTIFICÁVEL	Sem elementos que possibilitem classificação, geralmente por títulos genéricos	Muito genéricos para classificação



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências e categorização própria.

Percebe-se a variedade de usos identificados para os projetos. A categoria mista engloba todos os projetos com classificação em mais de uma das outras subcategorias anteriores simultaneamente. Alguns projetos não tiveram sua aplicação identificada e acabaram na subcategoria não identificável, geralmente porque seu título era muito genérico, mas esses casos foram poucos.

O número de projetos e valor total concedido por subcategoria de uso estão expressos na tabela 5.

TABELA 5 – NÚMERO DE PROJETOS E VALORES CONCEDIDOS PELOS PROGRAMAS CONFORME AS SUBCATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS

NÚMERO	SUBCATEGORIA DE USO	NÚM. PROJETOS IMPLEMENTADOS	VALOR TOTAL CONCEDIDO
1	NANOCOMPÓSITOS, NANODISPERSÕES E NANOEMULSÕES	14	R\$ 7,9 milhões
2	NANOPARTÍCULAS	4	R\$ 797 mil
3	METAIS E LIGAS	3	R\$ 2,1 milhões
4	MATERIAIS NÃO METÁLICOS	3	R\$ 3,3 milhões
5	PLÁSTICOS, POLÍMEROS, RESINAS E BORRACHAS	13	R\$ 11,3 milhões
6	ADITIVOS, MATERIAIS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	4	R\$ 1,9 milhão
7	REVESTIMENTOS, COATINGS E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	7	R\$ 2,7 milhões
8	TINTAS E PIGMENTOS	3	R\$ 1,2 milhão
9	COLAS E ADESIVOS	2	R\$ 404 mil
10	TÊXTEIS E CALÇADOS	2	R\$ 1 milhão
11	REVESTIMENTOS CERÂMICOS	2	R\$ 355 mil
12	FILMES E EMBALAGENS	3	R\$ 3,9 milhões
13	ELETRÔNICA E ÓPTICA	1	R\$ 907 mil
14	PETRÓLEO, DERIVADOS E PETROQUÍMICOS	7	R\$ 5,8 milhões
15	BIOCOMBUSTÍVEIS E HIDROGÊNIO	2	R\$ 541 mil
16	ENERGIA SOLAR	3	R\$ 491 mil
17	ENERGIA ELÉTRICA	1	R\$ 1,6 milhão
18	FILTROS E REMEDIAÇÃO AMBIENTAL	4	R\$ 3,4 milhões
19	AGROPECUÁRIA	5	R\$873 mil
20	ALIMENTOS	1	R\$260 mil
21	PRODUTOS ANTIMICROBIANOS	8	R\$ 4,8 milhões
22	COSMÉTICOS E HIGIENE PESSOAL	16	R\$ 12,8 milhões
23	PRODUTOS ODONTOLÓGICOS	13	R\$ 5,2 milhões
24	MEDICAMENTOS E TRATAMENTOS	32	R\$ 30,5 milhões
25	DIAGNÓSTICOS, BIOSSENSORES E TESTES BIOLÓGICOS	8	R\$ 5,7 milhões
26	PRÓTESES, IMPLANTES, BIOTECIDOS E REGENERAÇÃO ÓSSEA	7	R\$ 6,3 milhões
27	CATEGORIA MISTA	12	R\$ 4,1 milhões

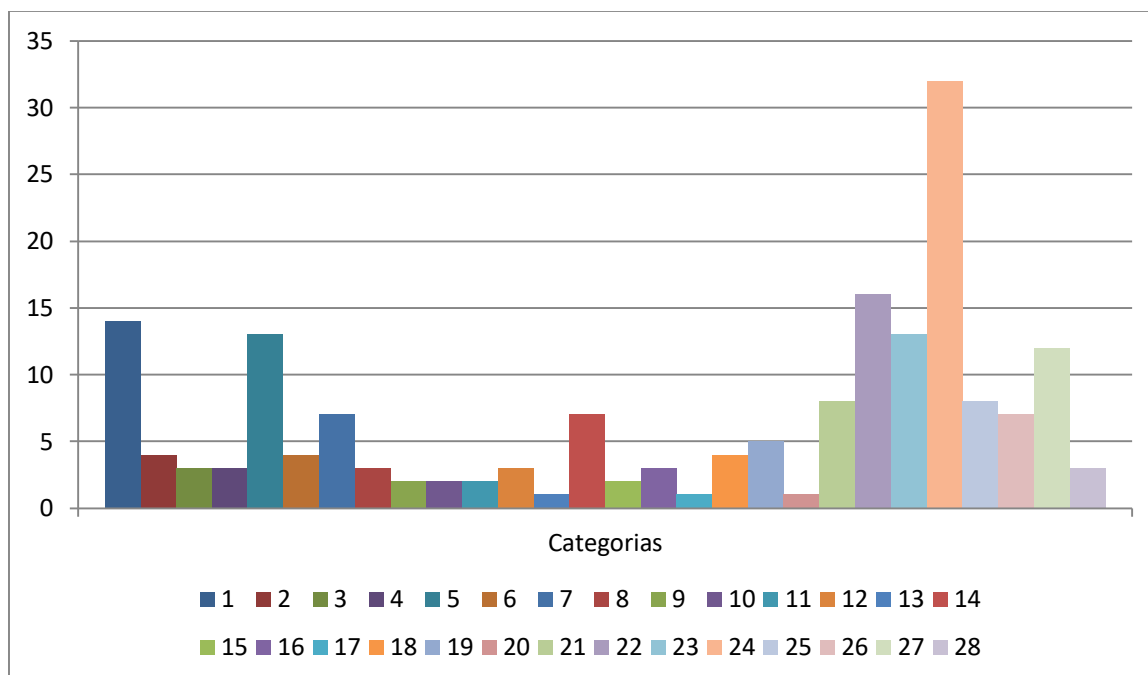
NÚMERO	SUBCATEGORIA DE USO	NÚM. PROJETOS IMPLEMENTADOS	VALOR TOTAL CONCEDIDO
28	NÃO IDENTIFICÁVEL	3	R\$ 3 milhões

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências e categorização própria.

Os 183 projetos foram divididos nas vinte e oito subcategorias acima. As áreas dominantes foram: Medicamentos e Tratamentos (32), Nanocompósitos, nanodispersões e nanoemulsões (14) e Cosméticos e Higiene Pessoal (16), sendo que nessa todos os projetos foram direcionados para aplicações em cosméticos. Embora a classificação aqui apresentada e a elaborada pelo estudo da ABDI (2010) para a NT não sejam totalmente convergentes, é possível identificar com base cinco categorias de uso da NT da última (nanomateriais, nanofotônica, nanoeletrônica, nanobiotecnologia, nanoambiente e nanoenergia) que o direcionamento dos recursos foi majoritariamente para projetos relacionados aos nanomateriais (nanocompósitos, polímeros, etc.) e área de saúde humana, próxima à nanobiotecnologia, através de projetos para o desenvolvimento de medicamentos e tratamentos, produtos odontológicos, implantes e outros. A área de nanoambiente pode ser comparada com a subcategoria de Filtros e Remediação Ambiental, que obteve somente 4 projetos. As áreas de nanofotônica e nanoeletrônica tiveram somente um projeto identificado, um dispositivo óptico baseado em *quantum dots* semicondutores, esse baixo volume de projetos talvez seja pela ausência de grandes empresas nacionais nas áreas e pelo elevado custo desses projetos, questão que pode ser aprofundada em outros trabalhos.

A distribuição dos projetos por subcategorias de uso da NT é apresentada no gráfico 31.

GRÁFICO 31 – NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS POR CATEGORIA DE USO

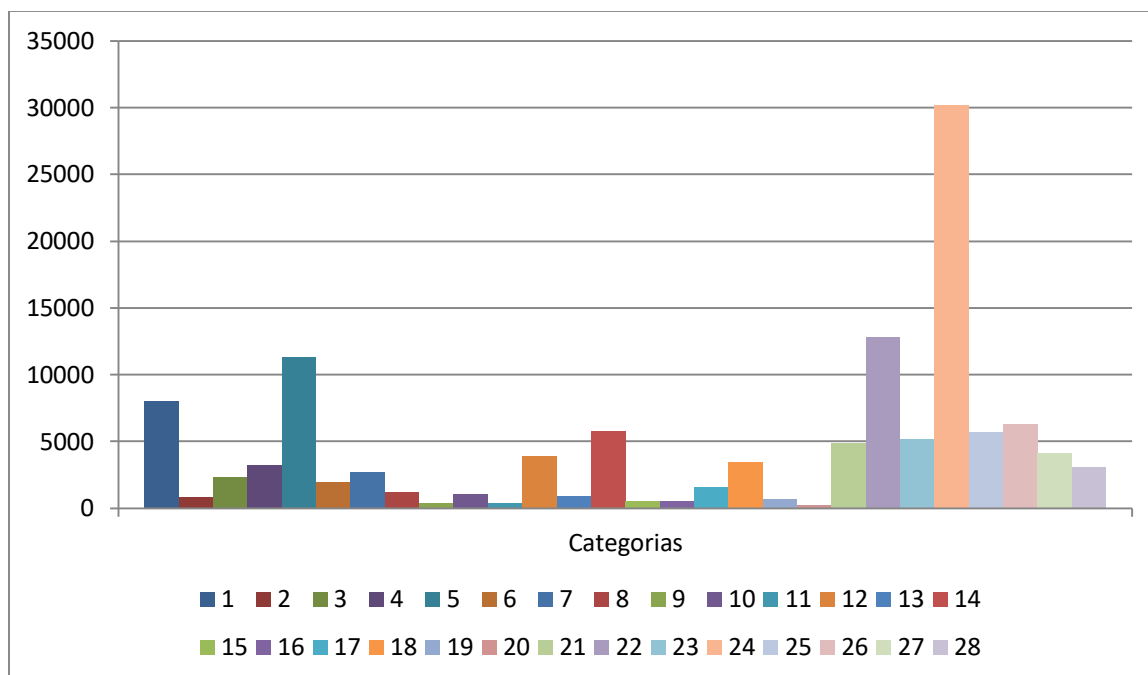


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências.

Pode-se observar que a maioria das subcategorias possui um baixo número de projetos, com algumas concentrando os investimentos, como a 1 (nanocompósitos, nanodispersões e nanoemulsões), 5 (plásticos, polímeros, resinas e borrachas), 22 (cosméticos e higiene pessoal) e 24 (medicamentos e tratamentos, com 32 projetos é a categoria de uso líder). Isto reforça as observações feitas antes, quanto à falta de seletividade da política que tendeu a incluir muitos setores, mas com baixa densidade.

A distribuição por valores também evidencia a pulverização dos recursos entre as áreas, como pode ser visto no gráfico 32 a seguir.

GRÁFICO 32 – VALORES CONCEDIDOS POR SUBCATEGORIA DE USO

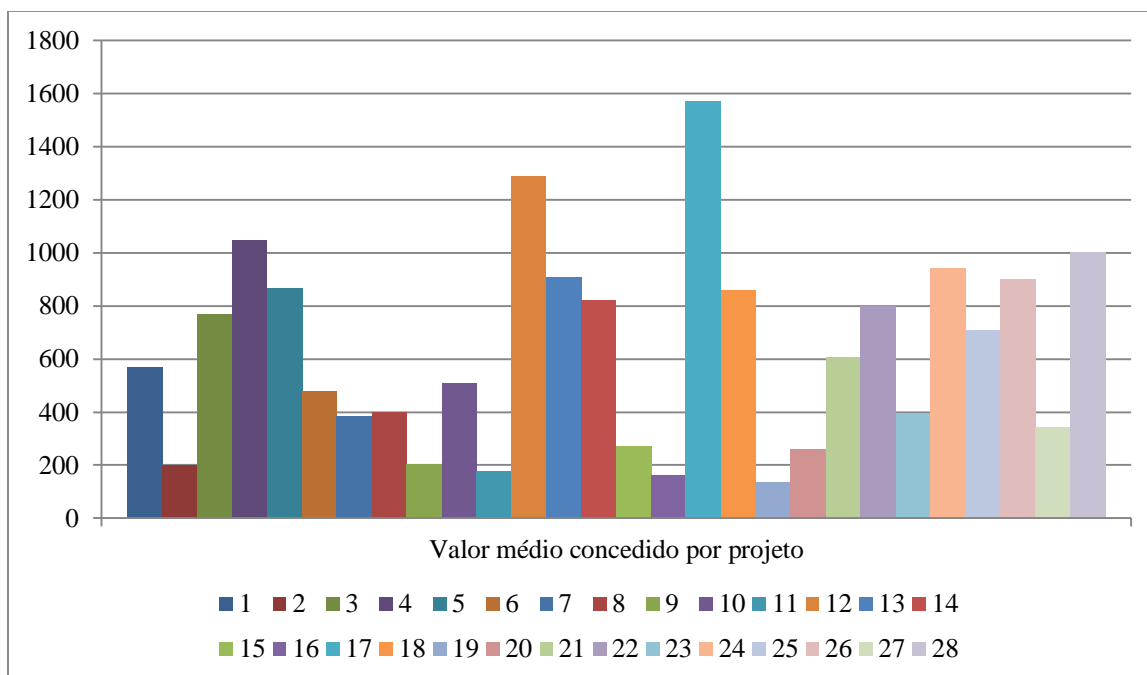


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedido de informações adicionais às agências.

A maioria das categorias teve um pequeno investimento, geralmente abaixo dos dois milhões de reais. As subcategorias 5 (Plásticos, polímeros, resinas e borrachas), 22 (Cosméticos e Higiene Pessoal) e 24 (Medicamentos e Tratamentos, líder com R\$ 30,1 milhões) são de longe as mais beneficiadas. Essas categorias também estão entre as com maior número de projetos implementados.

Complementando a análise, há o valor médio concedido por categoria, no gráfico 33 abaixo.

GRÁFICO 33 – VALOR MÉDIO POR PROJETO CONCEDIDO POR SUBCATEGORIA DE USO – R\$ MIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências.

Pela análise do gráfico acima, observa-se que as subcategorias 17 (Energia elétrica), 12 (Filtros e embalagens) e 4 (materiais não metálicos) tiveram o maior valor médio. A primeira obteve somente um projeto de grande valor, a segunda um projeto de grande valor na SEI e a terceira, dois de seus três projetos tiveram um valor concedido considerável na SEI e ICT-E, assim as categorias de maior valor médio o tiveram porque o instrumento dominante em seus projetos foi a SEI, de maior valor médio. As subcategorias de menor valor médio foram 19 (Agropecuária), 16 (Energia Solar) e 11 (Revestimentos Cerâmicos). Essas categorias concentraram seus projetos no programa RHAE, justamente o de menor valor médio, explicando assim seu baixo valor.

Como uma forma de condensar as informações acima, as 28 subcategorias foram redivididas em seis categorias de uso mais abrangentes, explicadas no quadro 13 abaixo. O critério foi o de semelhança de usos de seus produtos formando grandes áreas de uso.

A categoria de Materiais condensou os projetos com aplicações na produção de materiais brutos contendo nanotecnologia, incorporando as categorias de nanocompósitos, nanodispersões e nanoemulsões; nanopartículas; metais e ligar; materiais não metálicos e a de plásticos, polímeros, resinas e borrachas. As duas primeiras se tratam de nanotecnologias transversais e as outras são aplicações de materiais brutos.

A segunda categoria condensada foi de Produtos Intermediários e Finais Diversos, englobando produtos com alguma elaboração que serão incorporados em outros e também produtos finais diversos destinados aos consumidores, de têxteis a eletrônicos.

A terceira, Petróleo, Combustíveis e Energia condensa as subcategorias envolvendo aplicações na geração e distribuição de energia de variados tipos, incluindo aí aplicações na cadeia do petróleo. A seguinte é a de Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos, que engloba projetos voltados para aplicações biológicas que não sejam em saúde humana, indo de projetos de remediação ambiental a aditivos alimentares.

A categoria Saúde Humana engloba os projetos envolvendo aplicações biológicas com fins de promover a saúde humana e a estética, como cosméticos, incorporação da NT em medicamentos e diagnósticos. As categoria Mista e Não Identificável foram mantidas.

QUADRO 12 – CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS IMPLEMENTADOS

N.	CATEGORIA DE USO	DESCRIÇÃO	SUBCATEGORIAS PERTENCENTES
1	MATERIAIS	Uso da NT na produção e melhoria de materiais básicos e intermediários	Nanocompostos, nanodispersões e nanoemulsões; nanopartículas; metais e ligas; materiais não metálicos; plásticos, polímeros, resinas e borrachas.
2	APLICAÇÕES EM PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS E FINAIS DIVERSOS	Uso da NT em aditivos industriais, produtos intermediários elaborados e produtos finais	Aditivos, materiais e equipamentos industriais; revestimentos, <i>coatings</i> e tratamento de superfícies; tintas e pigmentos; colas e adesivos; têxteis e calçados; revestimentos cerâmicos; filmes e embalagens; eletrônica e óptica.
3	PETRÓLEO, COMBUSTÍVEIS E ENERGIA	Uso da NT ao longo da cadeia de produção e nos produtos finais do petróleo e biocombustíveis e uso em outras fontes de energia	Petróleo, derivados e petroquímicos; biocombustíveis e hidrogênio; energia solar; energia elétrica.
4	MEIO AMBIENTE, AGROPECUÁRIA, ANTIMICROBIANOS E ALIMENTOS	Usos da NT para fins biológicos que não envolvam a saúde humana diretamente	Filtros e remediação ambiental; agropecuária; alimentos; produtos antimicrobianos.
5	SAÚDE HUMANA	Uso da NT para aplicações envolvendo a saúde humana	Cosméticos e higiene pessoal; produtos odontológicos; medicamentos e tratamentos; diagnósticos, biossensores e testes biológicos; próteses, implantes e regeneração óssea e tecidual.
6	CATEGORIA MISTA	Engloba mais de uma das categorias de uso ao mesmo tempo	Variados.
7	NÃO IDENTIFICÁVEL	Muito genéricos para inferir a aplicação	Não identificável.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências e categorização própria.

A categorização proposta acima tem somente a finalidade de condensar as informações das categorias de uso mais amplas apresentadas anteriormente de modo a possibilitar uma

análise mais sucinta dos projetos. A comparação com a categorização em áreas da nanotecnologia da ABDI (2008) só pode ser feita de modo aproximado. Os nanomateriais podem ser encontrados nas duas primeiras categorias acima, mas tendem a se concentrar na primeira. A nanoeletrônica e fotônica na segunda, apesar da ausência de projetos nessas áreas; o nanoambiente e parte da nanobiotecnologia na categoria Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos. A outra parte da nanobiotecnologia na categoria Saúde Humana. A nanoenergia na categoria Petróleo, Combustíveis e Energia. Procurou-se criar categorias mais voltadas para as aplicações e mais relacionadas com os projetos. Em vez de se condensar alimentos junto com próteses em uma categoria como nanobiotecnologia, preferiu-se dividir os projetos da área biológica em relacionados com a natureza e outros relacionados com a saúde humana, por exemplo.

Abaixo, o quadro 13 traz os principais setores de aplicação dessas categorias segundo o nível de grupos de atividades da CNAE 2.0.

QUADRO 13 – PRINCIPAIS GRUPOS DE ATIVIDADES DAS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS SEGUNDO A CNAE 2.0

CATEGORIAS DE USO	PRINCIPAIS GRUPOS DE ATIVIDADE DA CNAE 2.0 NA ÁREA
<b>MATERIAIS</b>	202 – Fabricação de Produtos Químicos Orgânicos. 222 – Fabricação de Produtos de Material Plástico. 203 – Fabricação de Resinas e Elastômeros. 221 – Fabricação de Produtos de Borracha. 244 – Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos. Nanocompósitos e Nanopartículas são categorias aplicadas em variados setores. Materiais não metálicos diversos, da água ao carbono.
<b>APLICAÇÕES EM PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS E FINAIS DIVERSOS</b>	209 – Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos. 253 – Forjaria, Estamparia, Metalurgia do pó e Serviços de Trat. de Metais. 207 – Fabricação de Tintas, Vernizes, Esmaltes, Lacas e Produtos Afins. 201 – Fabricação de Produtos Químicos Inorgânicos. 153 – Fabricação de Calçados. 234 – Fabricação de Produtos Cerâmicos. 325 – Fabricação de Instrumentos e Materiais para Uso Médico e Odontológico e de Artigos Ópticos. Revestimentos e <i>coatings</i> de variados tipos.
<b>PETRÓLEO, COMBUSTÍVEIS E ENERGIA</b>	192 – Fabricação de Produtos Derivados do Petróleo. 193 – Fabricação de Biocombustíveis. 285 – Fabricação de Máquinas e Equipamentos de uso na Extração Mineral e na Construção. 273 – Fabricação de Equipamentos para Distribuição e Controle de Energia Elétrica. Peças e equipamentos para geração de energia solar.
<b>MEIO AMBIENTE, AGRICULTURA, ANTIMICROBIANOS E ALIMENTOS</b>	109 – Fabricação de Outros Produtos Alimentícios. 370 – Esgoto e Atividades Relacionadas. 390 – Descontaminação e Outros Serviços de Gestão de Resíduos. Filtros e sistemas de descontaminação e antipoluição. Aplicações agrícolas diversas e em produtos antimicrobianos
<b>SAÚDE HUMANA</b>	211 – Fabricação de produtos farmoquímicos. 212 – Fabricação de produtos farmacêuticos. 206 – Fabricação de Sabões, Detergentes, Produtos de Limpeza, Cosméticos,

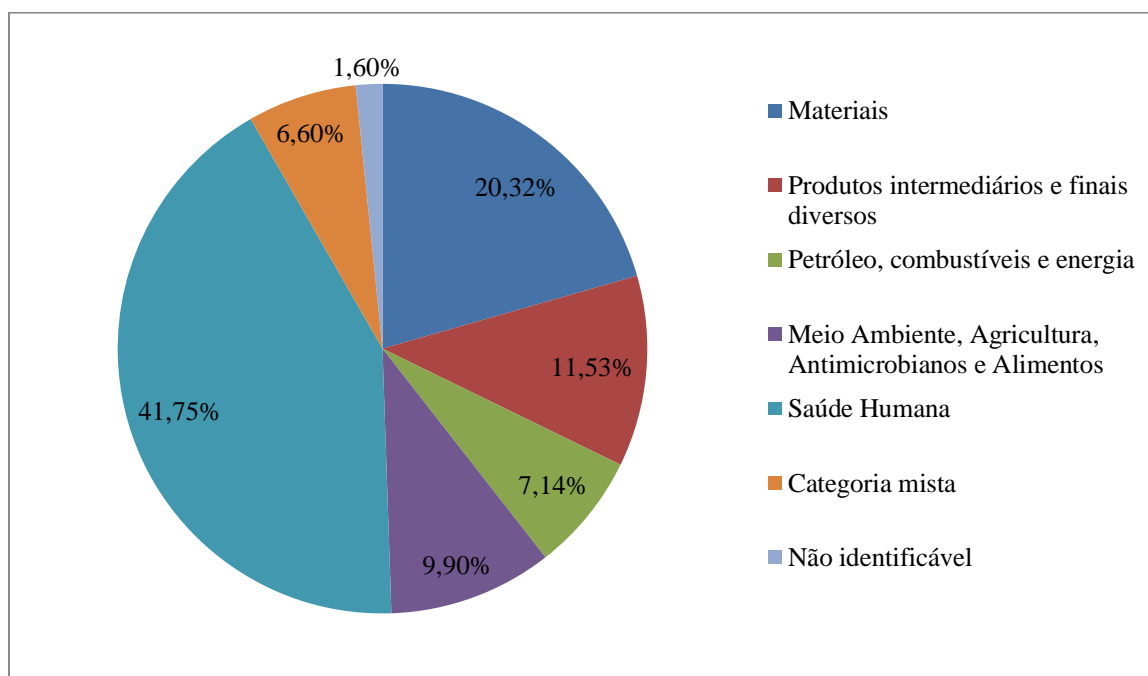
CATEGORIAS DE USO	PRINCIPAIS GRUPOS DE ATIVIDADE DA CNAE 2.0 NA ÁREA
	Produtos de Perfumaria e de Higiene Pessoal. 235 – Fabricação de Instrumentos e Materiais para Uso Médico e Odontológico e de Artigos Ópticos.
<b>CATEGORIA MISTA</b>	Variados.
<b>NÃO IDENTIFICÁVEL</b>	Não identificável.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências e IBGE (2016).

Os setores foram identificados pelo seu código de grupo de atividades na CNAE 2.0. A listagem dos setores não é exaustiva, não cobrindo assim todos os projetos, inclusive pela dificuldade em atribuir uma aplicação muito específica para os mesmos e pelo fato de que grande parte desses projetos foi em nanotecnologias transversais como nanocompósitos ou com objetivos genéricos como aplicações agrícolas e produtos antimicrobianos. O quadro deve ser tomado somente como uma aproximação dos setores em que os projetos seriam classificados, lembrando que esse pode ser muito diferente do setor de atividade principal da empresa beneficiária.

Abaixo, a proporção do número de projetos por categorias de uso.

GRÁFICO 34 – PROPORÇÃO DOS PROJETOS POR CATEGORIA DE USO



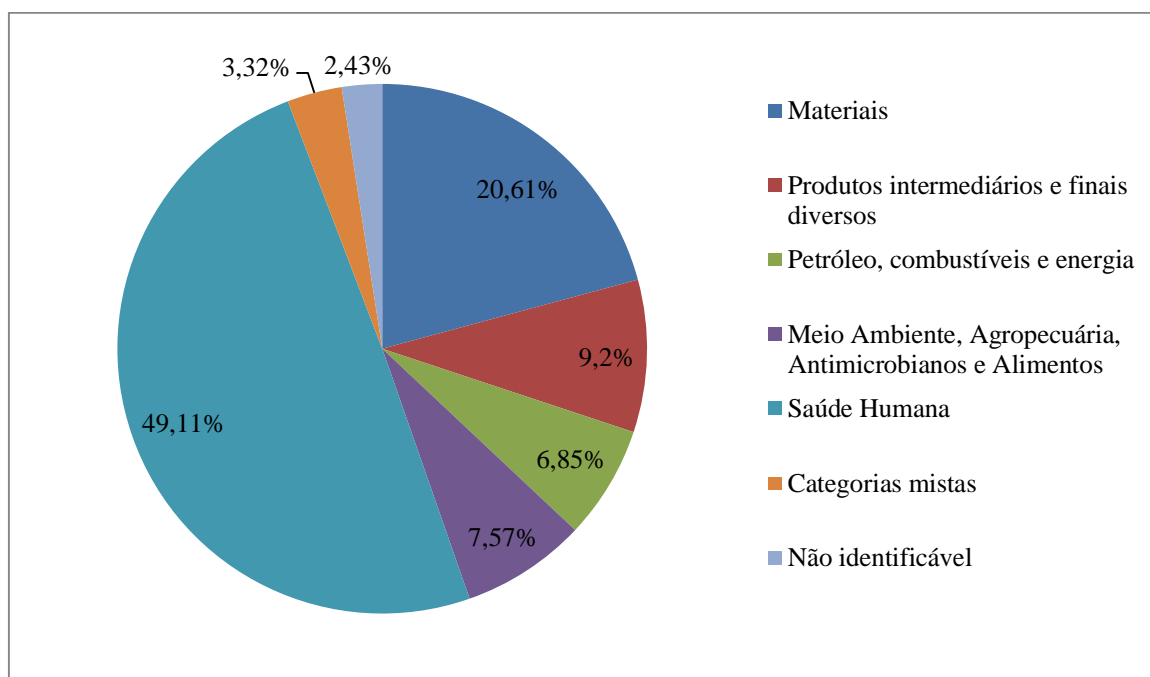
Fonte: Elaborado pelo autor com base em pedido de informações adicionais às agências.



A categoria de uso mais beneficiada de longe foi a de Saúde Humana. Em segundo lugar, a categoria dos Materiais brutos, como nanocompósitos e aplicações em plásticos. A aplicação em Produtos Intermediários e Finais ficou em terceiro, mas considerando a sua amplitude, de decoração da casa a eletrônicos, o número de projetos parece ter sido restrito. Vale comentar o baixo número de projetos com uso Não Identificável devido ao fato de que os títulos tenderam a ser explicativos do seu uso.

A seguir, a análise da distribuição dos recursos entre as categorias.

GRÁFICO 35 – PROPORÇÃO DE RECURSOS CONCEDIDOS POR CATEGORIA DE USO



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências.

A proporção de recursos por categoria de uso tendeu a seguir a distribuição do número de projetos por categoria. Pouco menos da metade dos recursos foram para a área de Saúde Humana, seguida pela de Materiais. Os Produtos Intermediários e Finais Diversos, mesmo sendo uma categoria que engloba variados itens, ficou somente em terceiro lugar. Os usos biológicos que não saúde humana, no caso a categoria Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos ficou em quarto lugar no volume de recursos.

Uma análise interessante é comparar a distribuição desses recursos nessas categorias com a distribuição dos temas prioritários dentro das mesmas, de modo a ver se as áreas mais citadas nas chamadas acabaram sendo as contempladas com maior volume de recursos. O intuito é exploratório, os temas foram classificados por semelhança com a categoria de uso e

estão dispostos no quadro 14 abaixo. Os temas vieram dos editais 01/2004, 03/2005 e 05/2009 da ICT-E e dos SE 01/07, 01/07 e SE NT 03/13 que foram os únicos a defini-los.

QUADRO 14 – TEMAS PRIORIZADOS NAS CHAMADAS E CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS

<b>CATEGORIA</b>	<b>% RECURSOS</b>	<b>TEMAS PRIORIZADOS RELACIONADOS</b>
<b>Materiais</b>	20,6%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nanocompósitos;</li> <li>- Nanotecnologia para a indústria Metal-Mecânica;</li> <li>- Plásticos e Borrachas (barreiras gases e umidade);</li> <li>- Nanofibras e Nanopartículas de biomassa;</li> <li>- Nanocompósitos de celulose ou que a incorporem;</li> <li>- Materiais nanoestruturados;</li> <li>- Siderurgia;</li> <li>- Nanotubos e nanocompósitos;</li> <li>- Nanotecnologia para o aço;</li> <li>- Cerâmica nanoestruturada;</li> </ul>
<b>Produtos Intermediários e Finais Diversos</b>	9,2%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semicondutores orgânicos OLED;</li> <li>- Sensores e dispositivos de id. Eletrônica;</li> <li>- Materiais nanoestruturados para têxteis;</li> <li>- Nanosensores para a defesa;</li> <li>- Têxtil;</li> <li>- Sensores e materiais nanomagnéticos;</li> <li>- Eletroeletrônicos;</li> <li>- Pigmentos e tintas;</li> <li>- Vidros e cerâmicos;</li> <li>- Têxtil;</li> <li>- Nanotecnologia em dispositivos orgânicos;</li> </ul>
<b>Petróleo, Combustíveis e Energia</b>	6,85%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energia;</li> <li>- Petróleo e gás;</li> <li>- Setor de energia;</li> </ul>
<b>Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos</b>	7,6%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção de alimentos;</li> <li>- Produtos antimicrobianos;</li> <li>- Cadeia produtiva do agronegócio;</li> <li>- Saneamento Básico e recursos hídricos;</li> <li>- Saúde Animal</li> </ul>
<b>Saúde Humana</b>	49,11%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cosméticos;</li> <li>- Encapsulamento de fármacos;</li> <li>- Cosméticos e Saúde;</li> <li>- Higiene pessoal, perfumaria e cosméticos;</li> <li>- Cosméticos e saúde humana;</li> <li>- Nanotecnologia em biomateriais;</li> <li>- Nanotecnologia para fármacos;</li> </ul>
<b>Mais de uma das categorias</b>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Químico e petroquímico;</li> <li>- Nanobiotecnologia;</li> <li>- Nanocatálise;</li> </ul>

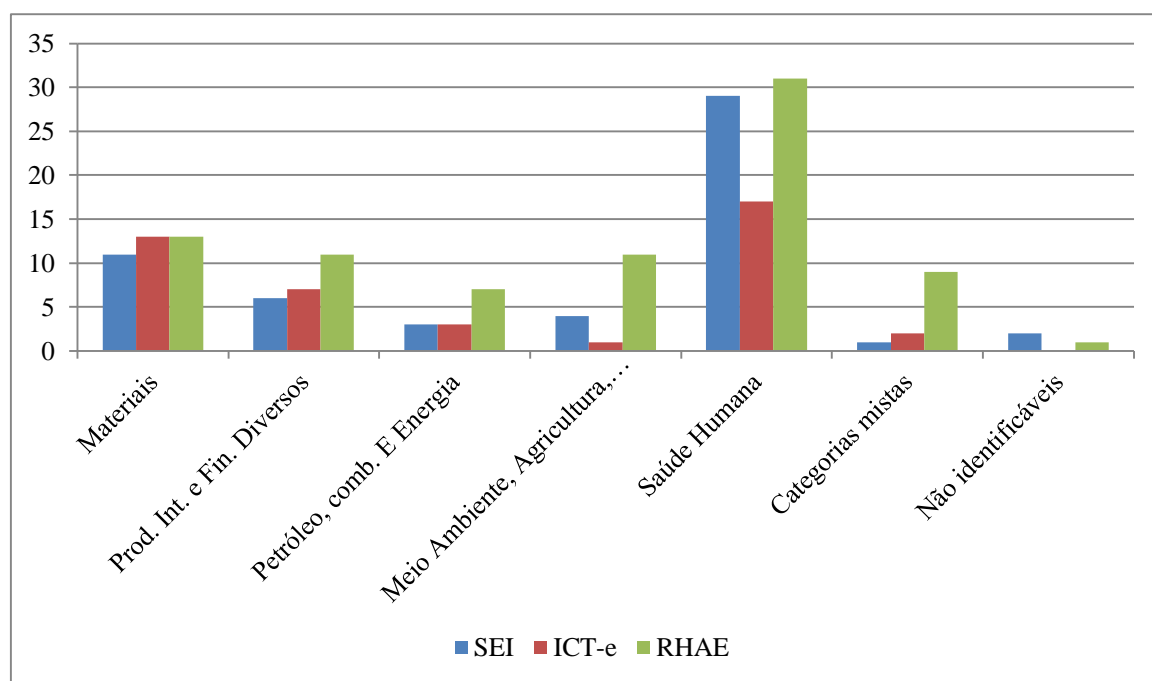
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de chamada e resultados dos programas.

É complicado fazer inferências a partir dos dados acima. O fato de um tema ter sido priorizado não implica que ele deveria ter tido vários projetos e que sua categoria de uso devesse ter obtido uma alta proporção dos recursos. Além disso, na proporção dos recursos se considerou o valor total concedido, não os valores dos editais específicos. Dadas as dificuldades de análise, somente dois fatos mais evidentes serão apontados: o alto número de

temas prioritizados da categoria Produtos Intermediários e Finais Diversos não se refletiu em um grande volume de recursos para a área e mesmo que temas como eletroeletrônicos e têxteis tenham sido citados mais de uma vez, o número de projetos implementados nessas áreas foi muito baixo. Padrão diferente apresentou a categoria de Saúde Humana. Ela teve um número mediano de citações de temas prioritários, mas teve na prática quase metade dos recursos empregados. A priorização dos projetos parece não seguir a das chamadas, pelo menos se considerarmos o número de citações versus o volume de recursos para a categoria.

Voltando agora para as categorias de uso dos projetos, a distribuição por programa tomou a seguinte forma no gráfico 36 abaixo.

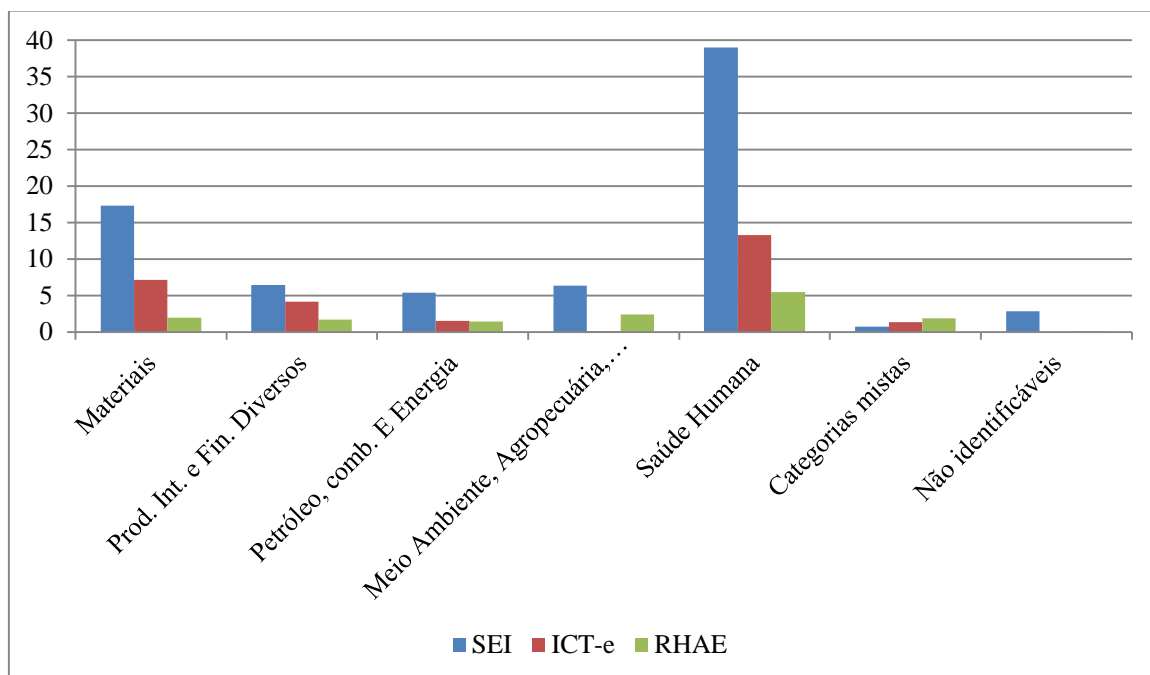
GRÁFICO 36- NÚMERO DE PROJETOS IMPLEMENTADOS POR CATEGORIA DE USO E PROGRAMA DE FOMENTO



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências.

A RHAE foi dominante em número de projetos em todas as categorias, exceto na de não identificáveis. As categorias mais beneficiadas foram Materiais e Saúde Humana, essa última foi a que conteve o maior número de projetos nos três programas. Em termos de distribuição de recursos por categorias:

GRÁFICO 37 – VALORES CONCEDIDOS PELOS PROGRAMAS CONFORME AS CATEGORIAS DE USO – R\$ MILHÕES



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências.

Observa-se a pouca expressividade dos recursos da RHAE, com maior volume de recursos na Saúde Humana, mesmo ela liderando em termos de número de projetos em quase todas as categorias. A maior importância da SEI é destacada em Materiais e Saúde Humana, as mesmas categorias mais beneficiadas pelo ICT-E. A categoria de Saúde Humana lidera para os três programas. Também receberam destaque os nanocompósitos e polímeros e plásticos na categoria dos Materiais, itens de aplicação transversal em vários produtos da economia. A pouca expressividade dos recursos em aplicações ambientais, energia solar e a ausência nas áreas de nanoeletrônica e nanofotônica chamam a atenção por serem consideradas áreas de grande potencial dentro da NT, mas que tiveram pouca priorização nos programas.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O presente capítulo demonstrou o que já foi apontado em trabalhos anteriores, como Gordon (2010) e Peixoto (2013). A política de inovação em nanotecnologia a partir dos instrumentos de financiamento não reembolsáveis foi pouco seletiva em relação ao potencial

do instrumento, foi descontínua nos três programas, apresentando rupturas e tentativas de continuidade no tempo.

A política de fomento à nanotecnologia demonstrou uma incoerência entre a importância atribuída para a área nos documentos de política pública e a efetivamente observada nos esforços governamentais dentro desses três programas.

A análise das aplicações dos projetos apontou que as categorias envolvendo materiais e saúde humana, como medicina, odontologia, cosméticos e nanocompósitos tiveram maior volume de recursos e projetos. A área de nanoenergia conteve alguns projetos, mas não em grande volume. Áreas consideradas promissoras da NT como nanoeletrônica, nanofotônica e nanoambiente tiveram pouco ou nenhum projeto fomentado. A grande variedade de áreas beneficiadas indica que os recursos foram pulverizados, desperdiçando assim seu potencial no fomento de setores em que o país possa ter alguma vantagem comparativa. Isso pode ser a falta de demanda para as áreas ou que as empresas e projetos tenham sido considerados pouco qualificados. Essa questão pode ser objeto de outro estudo mais aprofundado.

## 5. AS EMPRESAS BENEFICIADAS

O presente capítulo destina-se a delinear o perfil das empresas receptoras de recursos, analisar o seu padrão de uso dos instrumentos e as características das empresas conforme a categoria de uso da NT dos seus projetos.

### 5.1 O PERFIL DAS EMPRESAS BENEFICIADAS

O objetivo dessa seção é traçar o perfil básico das empresas beneficiadas com projetos em NT nos três programas. As variáveis buscadas foram a distribuição espacial dos recursos concedidos, a idade das empresas de modo a ver se eram novas ou já estabelecidas, a origem do seu capital e seu setor de atividade principal. Os indicadores coletados para essas variáveis foram o estado sede da empresa no país, o ano de fundação das empresas, como seu capital está registrado no Brasil e o setor de atividade principal registrado da empresa nos diretórios empresariais especializados, confirmados pela análise dos produtos ofertados pela empresa em seu site. Outras variáveis, como o tamanho da empresa, por serem informações sensíveis e difíceis de coletar, não foram analisadas.

O padrão de uso dos programas de apoio à inovação por parte das empresas com atividades em NT segundo as PINTECs está exposto na tabela 6 abaixo.

TABELA 6 – UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAS DE APOIO PELAS EMPRESAS INOVADORAS COM ATIVIDADES EM NT

USO DOS PROGRAMAS DE APOIO	PINTEC 2008	PINTEC 2011	PINTEC 2014
<b>Empresas com atividades em NT</b>	487	1.132	975
<b>Empresas inovadoras com atividades em NT</b>	458	975	870
<b>Empresas inovadoras que utilizaram apoio público</b>	403	405	472
<b>Proporção das inovadoras que utilizaram apoio público</b>	88%	41,5%	54,3%
<b>Incentivo fiscal à P&amp;D</b>	59	116	184
<b>Incentivo fiscal da Lei de Informática</b>	29	26	59
<b>Subvenção Econômica FINEP</b>	28	72	48
<b>Apoio em projetos em parceria com ICTs</b>	31	65	75
<b>Apoio a projetos de inovação sem parcerias</b>	122	43	67
<b>Apoio na compra de máquinas e equipamentos</b>	110	273	300
<b>Bolsas RHAE</b>	17	30	28
<b>Aporte de capital de risco</b>	8	9	18
<b>Compras públicas</b>	Não disponível	Não disponível	18
<b>Outros programas de apoio à inovação</b>	17	42	57

Fontes: Elaborado pelo autor com base em Peixoto (2013), IBGE (2014) e IBGE (2016).

A tabela acima reflete o uso de algum programa de apoio à inovação por parte das empresas que possuíam alguma atividade em NT e introduziram alguma inovação no período analisado, seja essa inovação em NT ou qualquer outra área. Lembra-se também que a PINTEC se concentra em empresas com mais de dez funcionários, não cobrindo apropriadamente empresas menores.

Os dados da tabela indicam que apesar do aumento acentuado no número de empresas com atividades em NT entre a quarta (2008) e a quinta (2011) PINTECs, o número de empresas que receberam algum apoio público é quase constante e isso se mantém na sexta (2014) edição. As empresas inovaram mais, mas com taxas de uso dos instrumentos de apoio menores. A taxa de uso da PINTEC 2011 é menos da metade da de 2008 e significativamente menor que a de 2014.

A PINTEC 2008 tem como seus principais programas de apoio o financiamento a projetos de P&D em parceria com ICTs, seguido do apoio à compra de máquinas e equipamentos, com mais da metade do uso se concentrando nesses dois instrumentos. A PINTEC 2011 é dominada por essa categoria de apoio à compra de máquinas e equipamento, seguida pelo incentivo fiscal à P&D, padrão que se repete na PINTEC 2014. Outro fato interessante é o aumento da importância da SEI na edição de 2011 (17,8% das empresas que utilizaram algum instrumento a usaram, em comparação com 7% na PINTEC 2008 e 10% na PINTEC 2014).

Kay, Invernizzi & Shapira (2009) assinalam que a maioria das firmas com patentes em nanotecnologia no Brasil fazem parte do pequeno grupo de inovadoras no país e que elas tendem a possuir patentes em outras áreas.

Invernizzi (2011b) identifica um núcleo industrial incipiente de firmas com produtos contendo nanotecnologia no Brasil, perfazendo cerca de 150 as empresas com produtos identificados como tendo incorporado a nanotecnologia até 2010. Elas pertencem a uma grande variedade de setores, como esperado para uma tecnologia transversal como a NT. Os principais setores foram químico/petroquímico, farmacêutico, cosmético, de material médico e odontológico, têxtil e de materiais nanoestruturados. As empresas foram agrupadas em dois conjuntos principais: as grandes empresas que incorporam nanotecnologia em algum dos produtos de suas linhas de negócios tradicionais e as pequenas empresas, muitas das quais *spin offs* de centros de pesquisa, com negócios total ou fortemente vinculados à nanotecnologia. Outra descoberta interessante é que cerca de metade dessas empresas utilizaram algum programa de apoio à P&D, especialmente os da FINEP.

Gordon (2010) estuda a distribuição espacial, por porte e setorial das empresas beneficiadas pela SEI nos anos de 2006, 2007 e 2008. Entre seus principais resultados estão que houve uma concentração dos recursos na região sudeste, especialmente no estado de São Paulo e que 50% das beneficiadas eram microempresas e 21% pequenas. Já quanto aos recursos, houve uma concentração deles para as microempresas e grandes empresas, que apesar de serem em menor número, conseguiram um valor médio maior por projeto. Os setores das empresas foram variados, sendo os mais comuns a Fabricação de Produtos Químicos e a Fabricação de Instrumentos e Materiais de Uso Médico e Odontológico e de Artigos Ópticos.

Peixoto (2013) retoma esses dados e os atualiza para o ano de 2010, incluindo assim os editais de 2009 e 2010 da SEI, além disso, ele divide os projetos por área da NT. Seus resultados apontam para a liderança das áreas de nanobiotecnologia e nanomateriais nos projetos; que 38% das empresas beneficiadas eram microempresas e 43% pequenas; que 54% das empresas haviam sido fundadas há menos de vinte anos e que nessas empresas mais novas houve uma tendência ao desenvolvimento de projetos nas áreas de nanomedicina, nanomateriais e nanobiotecnologia.

Parte-se agora para a análise realizada por esse trabalho sobre os três programas de fomento financeiro. A metodologia já foi explicada na seção 4.1 (Metodologia). A investigação foca somente nos três programas financeiros de fomento supracitados e em seus projetos envolvendo NT. De modo a melhor explicar as informações sobre as empresas, traz-se novamente no quadro 15 a ficha utilizada para o registro das informações sobre os perfis das empresas.

QUADRO 15 – FICHA DE REGISTRO DAS INFORMAÇÕES DAS EMPRESAS

<b>VARIÁVEL</b>	<b>INDICADOR</b>
<b>Empresa</b>	Nome completo da empresa
<b>Localização</b>	Estado da sede da empresa.
<b>Idade da Empresa</b>	Ano em que a empresa foi fundada.
<b>Capital</b>	Origem de capital.
<b>Faturamento</b>	Valor do faturamento.
<b>No. Funcionários</b>	Número de funcionários.
<b>Página Web</b>	Endereço do site oficial da empresa.
<b>Setor de atividade principal</b>	Setor principal de atuação da empresa segundo a CNAE 2.0.
<b>Financiamento público recebido</b>	Quais os projetos e valores recebidos pela empresa nos programas de fomento analisados.
<b>Vínculo com Universidades ou Centros de pesquisa</b>	Existência de vínculo com universidade ou instituição de pesquisa para execução de projeto no programa ICT-E da FINEP, caso seja o caso.
<b>Fontes de informação</b>	Links de todas as informações localizadas.
<b>Outras observações</b>	Informações complementares



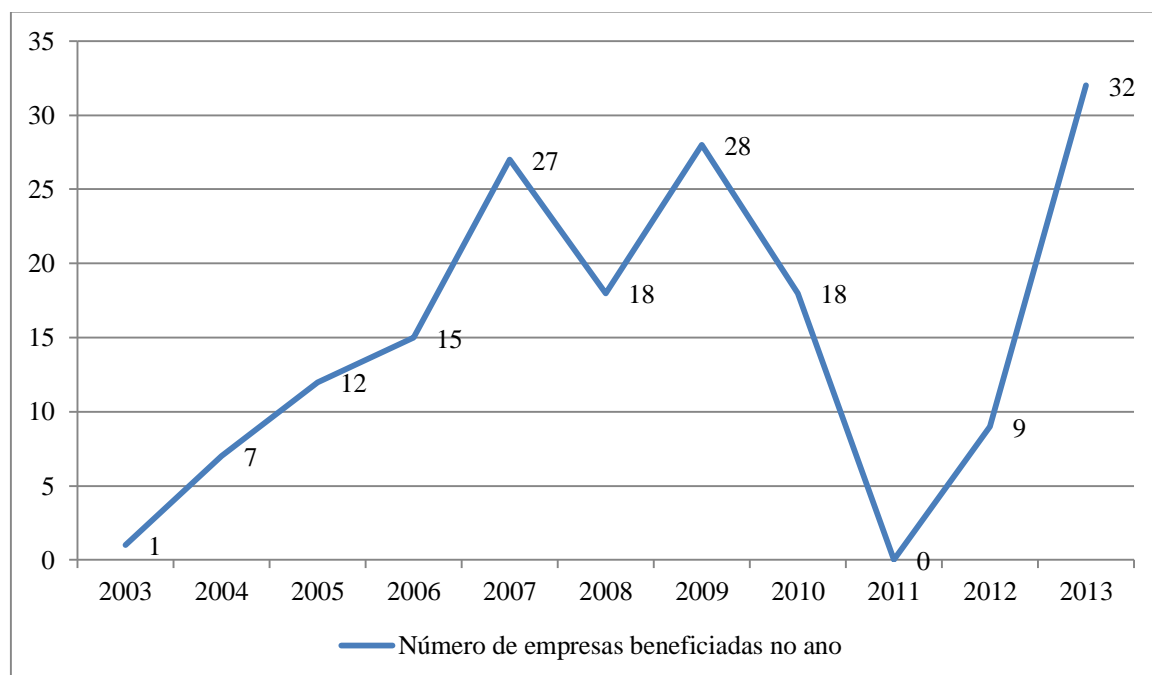
Fonte: Elaborado pelo autor.

As quatro variáveis empregadas no delineamento do perfil da empresa – distribuição espacial, idade da empresa, capital e setor de atividade principal estão localizados na ficha de registro acima ao lado de seus indicadores, o estado sede da empresa, o ano em que a empresa foi fundada, a origem registrada do capital da empresa no país e o setor de atuação principal da empresa, que será registrado no nível intermediário de Grupo de Atividades dentro da metodologia da CNAE 2.0 (explicada na seção 4.1). Cada empresa identificada nos editais de resultados teve uma ficha de registro elaborada exatamente como a descrita acima (quadro 14).

A partir do mapeamento dos editais de resultados dos três programas, complementados com pedidos de informações adicionais a FINEP e ao CNPq, foram identificadas 122 empresas beneficiadas pelos três programas de fomento financeiro estudados, que executaram 183 projetos na área de NT. Não foi possível obter dados para duas empresas, mesmo após busca exaustiva, de modo que a análise desse capítulo foca no perfil das 120 empresas restantes.

O gráfico 38 abaixo traz a evolução do número de empresas beneficiadas por ano.

GRÁFICO 38 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE EMPRESAS BENEFICIADAS NOS TRÊS PROGRAMAS

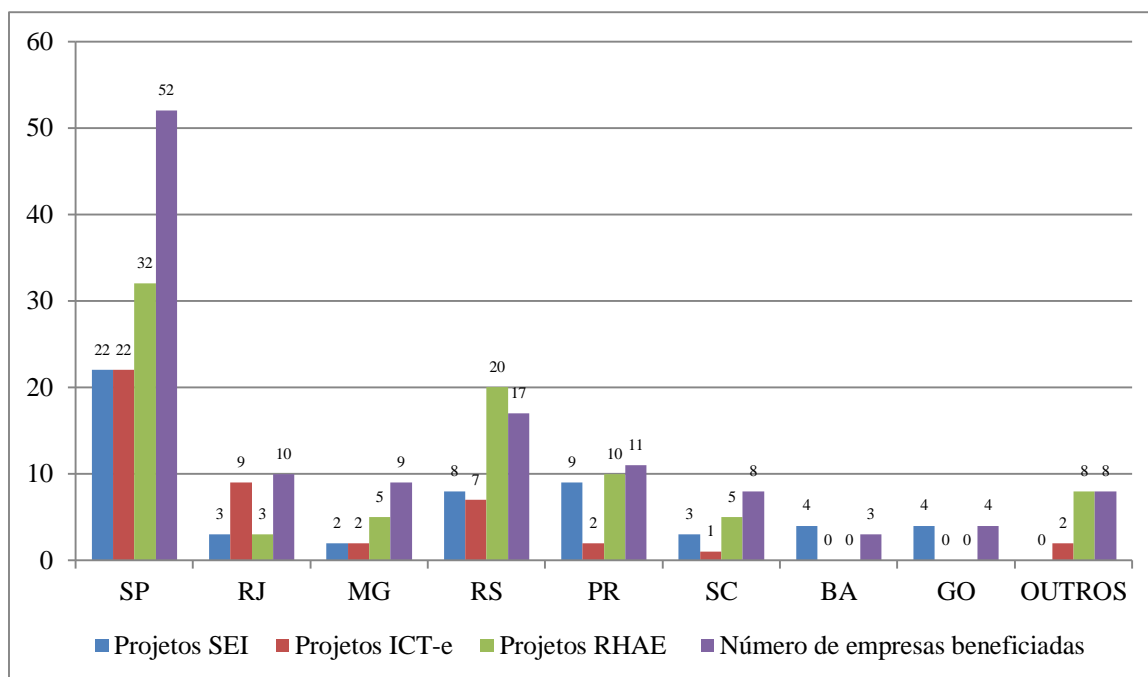


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado e pedidos de informações adicionais às agências.

Nota-se uma trajetória ascendente no número de empresas até 2007, terceiro ano em número de empresas beneficiadas. Uma queda em 2008, com uma recuperação em 2009, o segundo ano em número de empresas. 2010 novamente uma queda, chegando à zero em 2011. Em 2012 uma recuperação no programa RHAe e em 2013 o pico no número de empresas beneficiadas. Anos posteriores a 2013 não tiveram projetos em NT identificados.

A distribuição espacial dos recursos conforme os estados sede das empresas é apresentada no gráfico 39 abaixo junto com o número de empresas beneficiadas por estado durante o período e nos três programas.

GRÁFICO 39 – NÚMERO DE PROJETOS POR PROGRAMA E DE EMPRESAS BENEFICIADAS CONFORME OS ESTADOS



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências.

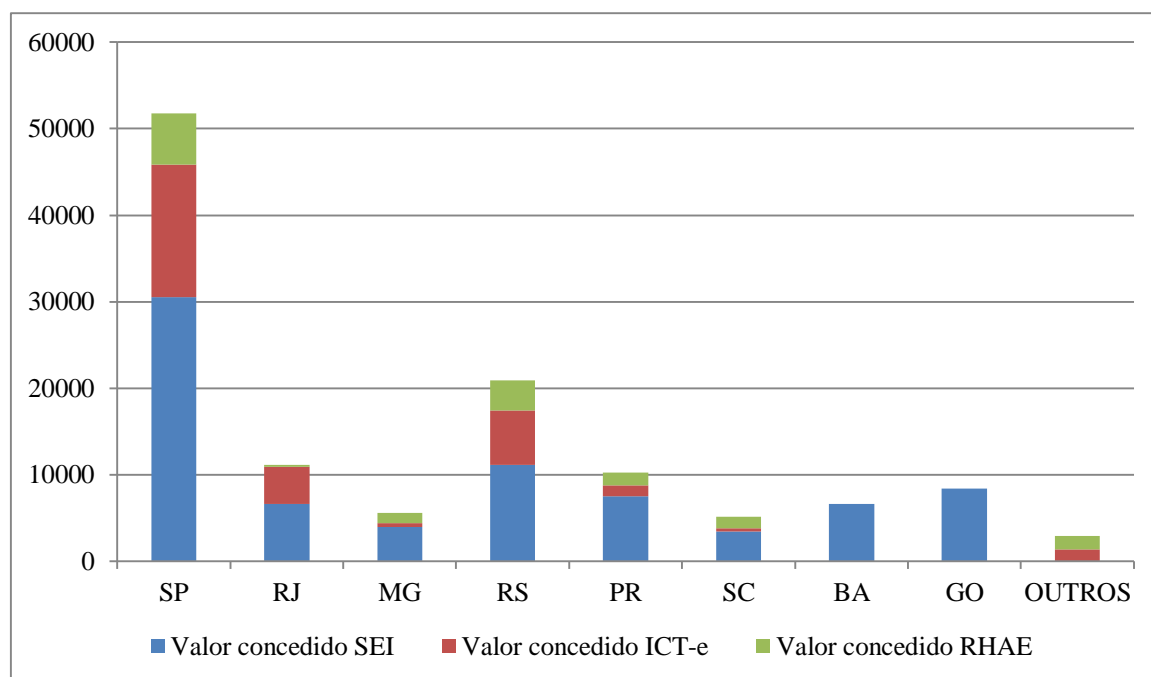
Nota-se uma grande concentração no estado de São Paulo, líder em número de projetos nos três programas e no total (76 projetos), seguido pelo Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Santa Catarina. Somente São Paulo tem um número de empresas maior que os quatro estados seguintes somados (Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná). O estado também possui mais projetos na SEI, ICT-E e totais que esses quatro estados seguintes juntos; somente a soma dos projetos dos quatro estados no programa RHAe ultrapassa o número de projetos de SP no mesmo, mas por pequena margem. Isso demonstra a elevada concentração estadual de recursos da política, tanto nos três

programas individualmente, como neles em conjunto, resultado já esperado e apontado por Gordon (2010) e Peixoto (2013) para o programa SEI. A presente análise indica que essa tendência continuou após 2010 e foi perceptível nos três programas. Outro ponto interessante é a vice-liderança do Rio Grande do Sul e o Paraná em terceiro lugar em número de projetos, ficando na frente de estados maiores como Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A comparação entre o número de projetos e de empresas permite inferir que várias empresas tiveram dois ou mais projetos implementados por estado. São Paulo teve 76 projetos que contemplaram 52 empresas diferentes, Rio Grande do Sul 35 projetos e 17 empresas, Paraná 21 projetos e 11 empresas e Rio de Janeiro com 15 projetos e 10 empresas. Nos outros estados, a discrepância entre o número de projetos e empresas foi menor, em alguns casos não existiu, significando que cada empresa só foi beneficiada com um projeto. A categoria outros engloba sete unidades federativas – Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco e Sergipe, cada um com um ou dois projetos, geralmente de baixo valor. Quanto à distribuição por programas, vê-se um grande número de projetos do programa RHAE, como esperado, já que se trata do programa com maior número de projetos.

A análise dos valores concedidos por estado se encontra no gráfico 40 abaixo.

GRÁFICO 40 – VALORES CONCEDIDOS POR PROGRAMA POR ESTADO - R\$ MIL



Fonte: Elaborado pelo autor com base no pedido de informações adicionais às agências.

Assim como em número de projetos, SP é líder em valores concedidos, acumulando mais recursos que os estados seguintes somados, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. Rio Grande do Sul se destaca como o segundo estado em volume de recursos, com quase o dobro do terceiro colocado, Rio de Janeiro, seguido pelo Paraná. O Paraná é o terceiro em número de projetos e Rio de Janeiro o quarto, mas quando os valores concedidos são analisados, a situação se inverte.

Como um modo de relativizar essa distribuição estadual, cada estado teve sua proporção de recursos para a área comparada com a participação do estado na produção industrial do país e sua proporção no número de patentes. Conforme Wieckzorek e Hekkert (2012), a intensidade inovativa e seus problemas em uma concepção sistêmica variam conforme os atores (número de empresas, etc.), instituições (como as de C&T), interações e infraestruturas, elementos estes que tendem a variar conforme a região.

A participação na produção industrial, área em que a NT deverá ser aplicada com maior intensidade foi aproximada a partir do Valor da Transformação Industrial que corresponde à diferença entre o valor bruto da produção industrial e o custo das operações industriais, ou seja, uma medida do valor agregado pelas atividades industriais. As patentes foram medidas conforme a proporção no número total de patentes depositadas no INPI pelo estado no ano de 2007. As informações estão na tabela a seguir.

**TABELA 7 – ESTADOS BENEFICIADOS E SUAS PARTICIPAÇÕES**

ESTADO	SP	RJ	MG	RGS	PR	SC	BA	GO	OUTROS
<b>Proporção do valor dos projetos</b>	42,2%	9,1%	4,5%	17%	8,3%	4,2%	5,4%	6,8%	2,4%
<b>Proporção do Valor de Transformação Industrial (2007)</b>	39,2%	10%	10,9%	6,8%	6,9%	4,7%	5%	1,9%	6,3%
<b>Proporção das patentes depositadas nacionais (2007)</b>	44%	8,7%	10,1%	8,9%	9,3%	6,8%	1,6%	1,7%	5,9%

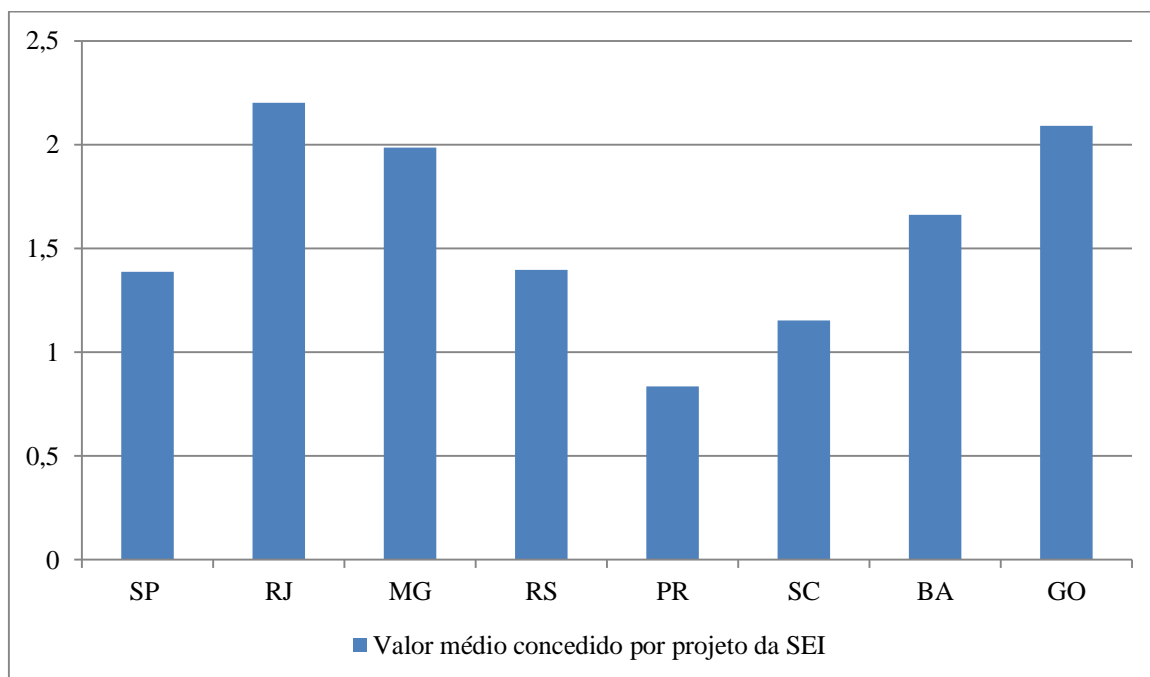
Fonte: IBGE (2015) e MCTI (2015).

Pela comparação entre os valores e as outras variáveis, observa-se que Minas Gerais possui um menor volume de recursos em comparação com sua importância na produção industrial e geração de patentes no país. O mesmo acontece com a categoria outros estados. Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina possuem proporções parecidas nas três variáveis. Já A Bahia possui uma concentração de recursos em NT em relação à sua participação no total de patentes nacional. Rio Grande do Sul e Goiás apresentam uma concentração maior que a esperada em projetos em NT, próximas a três vezes suas participações na produção industrial e geração de patentes. A partir do exposto, destaca-se a

importância do Rio Grande do Sul e Goiás nos projetos e a menor importância relativa de Minas Gerais.

Entre os programas, a SEI se destaca claramente. Isso demonstra a importância desse instrumento dentro da trajetória de fomento à NT. Ela é dominante em todos os estados, exceto na categoria outros, que não possui projetos nesse programa. O estado de São Paulo é o líder de recursos nesse programa (mais de R\$ 30 milhões, 38,4% dos recursos do programa), acumulando mais dinheiro que os quatro estados seguintes somados, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Contudo, em termos de valor médio por projeto na SEI, o Rio de Janeiro assume a liderança, seguido por Goiás, tendo o Paraná em último lugar, conforme o gráfico 41 abaixo.

GRÁFICO 41 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO PELO PROGRAMA SEI POR ESTADO – R\$ MILHÕES



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultados da SEI e pedido de informações adicionais.

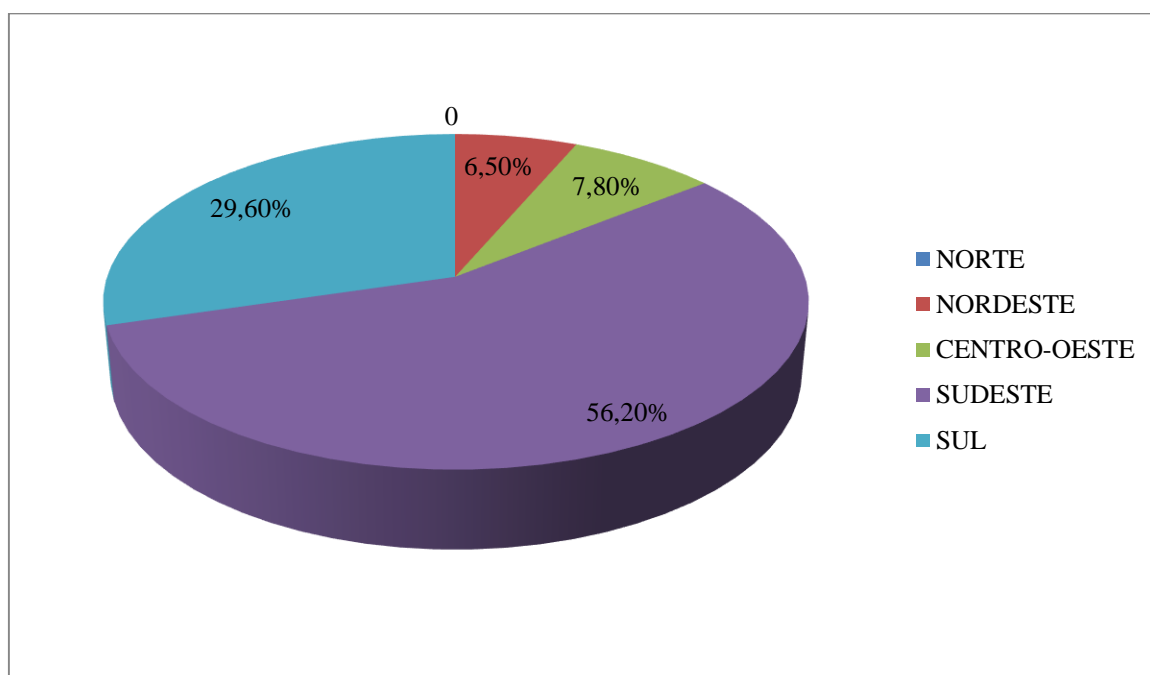
Retornando a análise do gráfico 40, o programa ICT-E se concentra de maneira mais forte que os outros no estado de São Paulo, 52,2% dos recursos na área foram direcionados para empresas sediadas nesse estado, ou seja, o estado obteve mais recursos que todos os outros estados juntos. Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro seguem em volume de recursos.

Os valores da RHAE são pequenos apesar de ela ter o maior número de projetos. Nesse programa, o estado de São Paulo leva pouco mais que a proporção levada na SEI,

38,9%, contudo ele acumula menos recursos que a soma dos quatro estados seguintes, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais.

Pela análise acima, observa-se a predominância dos estados das regiões sudeste, especialmente São Paulo e da região sul, em especial o Rio Grande do Sul. A distribuição regional dos recursos está expressa no gráfico 42 abaixo.

GRÁFICO 42 – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR CONCEDIDO PELOS TRÊS PROGRAMAS POR REGIÃO DO BRASIL



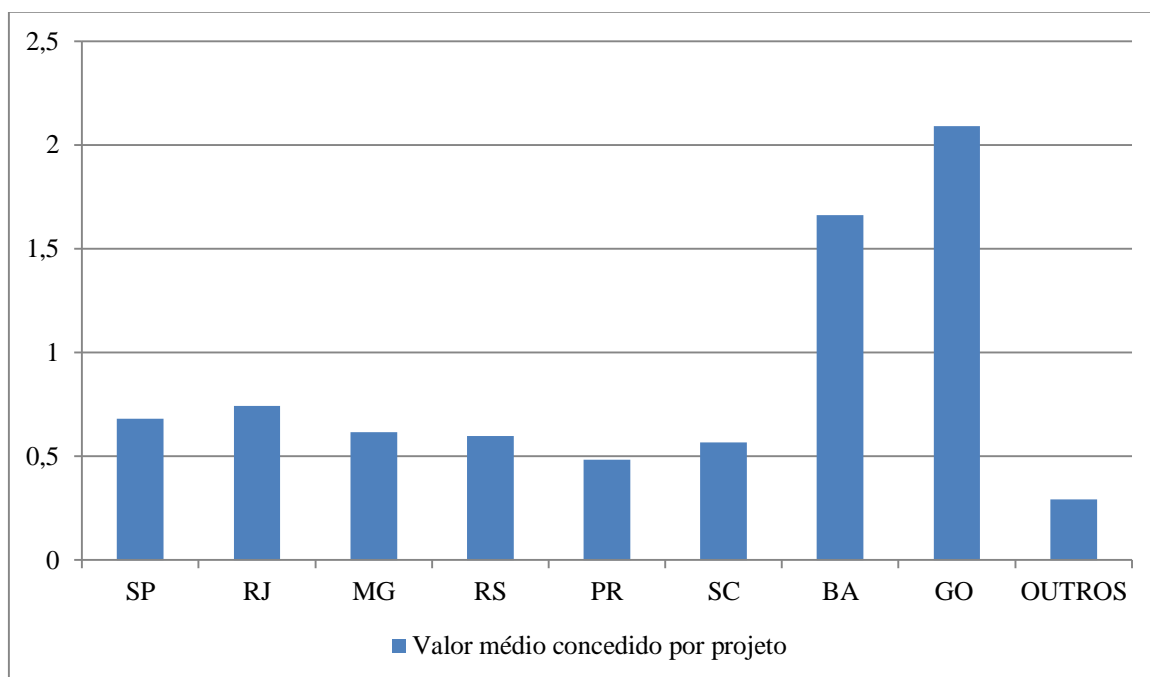
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultados e pedidos de informações adicionais às agências.

Não há valores destinados à região Norte do Brasil em nenhum dos três programas. O Nordeste e Centro-Oeste concentram somente 14% dos recursos, ou seja, menos da metade do da Região Sul e quatro vezes menos que a região Sudeste, com destaque para o estado de São Paulo. A elevada concentração regional aconteceu para a NT, a despeito da política expressa da FINEP de desconcentração na destinação dos recursos de fomento através de condições mais favoráveis para as empresas sediadas nessas regiões, como menores taxas de contrapartida das empresas nos projetos e da intenção de destinar uma parcela, geralmente 30%, dos recursos para projetos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, desde que eles atendam aos requisitos necessários. O resultado que somente 14% dos recursos foram destinados para essas regiões favorecidas pela política pode significar que não houve

demanda suficiente por projetos na área nessas regiões ou que os projetos não atenderam os requisitos exigidos. Como os editais são variados e a maioria deles contempla outras tecnologias também, isso não significa que os 30% não tenham sido alcançados pelo edital, somente que os projetos em NT tiveram uma proporção menor.

O valor médio concedido por estado considerando os três programas é apresentado no gráfico 43 a seguir.

GRÁFICO 43 – VALOR MÉDIO CONCEDIDO POR ESTADO – R\$ MILHÕES



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedidos de informações adicionais às agências.

Goiás e Bahia foram os estados com maior valor médio concedido, acima de R\$ 1 milhão. Isso se deve ao fato de que todos os projetos desses estados se tratam da SEI, de valor médio mais elevado que o dos outros programas. A maioria dos estados teve o valor médio de R\$ 500 mil por projeto, exceto a categoria outros – com valor médio de R\$ 250 mil, valor mais baixo devido à predominância de projetos do programa RHAE, de menor valor médio.

Analisada a distribuição espacial dos recursos, parte-se agora para a da origem do capital. Como comentado acima, das 122 empresas beneficiadas, 120 tiveram seus dados coletados. Dessas, no momento de recebimento dos recursos, 115 eram empresas de capital nacional e 5 de capital estrangeiro, incluindo-se nesta definição as subsidiárias de empresas transnacionais registradas no país. Constata-se assim que a política acabou beneficiando quase que exclusivamente empresas com capital nacional.

Em termos de idade das empresas, a tabela 8 abaixo traz o número de empresas, de projetos, o valor concedido e a distribuição percentual dos valores concedidos conforme as décadas de fundação das empresas.

TABELA 8 – IDADE DAS EMPRESAS COM PROJETOS EM NANOTECNOLOGIA NOS PROGRAMAS

DÉCADA DE FUNDAÇÃO	EMPRESAS	PROJETOS	VALOR CONCEDIDO	% DOS VALORES
1920	2	2	R\$ 3,2 milhões	2,6%
1930	1	1	R\$ 2 milhões	1,6%
1940	2	3	R\$ 1,2 milhões	1%
1950	2	7	R\$ 1,5 milhão	1,2%
1960	4	4	R\$ 4,1 milhões	3,3%
1970	12	22	R\$ 19,4 milhões	15,8%
1980	7	9	R\$ 3,8 milhões	3%
1990	22	37	R\$ 26,9 milhões	21,9%
2000	63	93	R\$ 60,3 milhões	49,2%
2010	3	3	R\$ 402 mil	0,33%
Não identificado	2	2	R\$ 621 mil	0,5%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos pedido de informações adicionais às agências, consulta aos sites e diretórios de empresas.

Há uma concentração de empresas criadas mais recentemente, nas décadas de 1990 e 2000, com 71,1% dos valores destinados para empresas fundadas nessas décadas. Isso pode indicar que empresas mais novas tendem a ser mais proeminentes em NT ou que as suas áreas de atuação possam ter surgido e ganhado destaque em anos recentes, como energia solar, biotecnologia e tecnologias ambientais. Dada a natureza dos programas, especialmente da SEI, indicada para tecnologias emergentes de alto risco tecnológico, faz sentido que empresas novas obtenham seus recursos de modo a consolidarem suas inovações. Como quase metade dos recursos foi para empresas fundadas na década de 2000 e a maioria dos editais ocorreu nessa década, grande parte das empresas obtiveram esses recursos em um momento próximo ao de sua fundação, quando ainda eram novas.

Por fim, o exame da distribuição das empresas por setor de atividade principal identificado nos sites das empresas e diretórios especializados em perfis de empresas. Como citado anteriormente, as informações sobre duas empresas foram escassas, de modo que elas foram classificadas abaixo como setor não identificado. As empresas foram classificadas por seu grupo de atividades principal da CNAE 2.0 (explicado na seção 4.1), conforme o constante nos diretórios especializados, confirmado com a análise dos sites das empresas e de seus produtos ofertados.



TABELA 9 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS, PROJETOS E VALORES CONFORME OS SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL DAS EMPRESAS BENEFICIADAS

<b>CÓDIGO CNAE 2.0</b>	<b>GRUPO DE ATIVIDADES</b>	<b>NÚM. DE EMPRESAS</b>	<b>NÚM. DE PROJETOS</b>	<b>VALOR CONCEDIDO</b>
<b>89</b>	Extração de outros minerais não-metálicos	2	3	R\$ 841 mil
<b>109</b>	Fabricação de outros produtos alimentícios	2	3	R\$ 738 mil
<b>135</b>	Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário	1	2	R\$ 1,9 milhão
<b>171</b>	Fabricação de celulose e outras pastas para papel	1	1	R\$ 2,8 milhões
<b>192</b>	Fabricação de produtos derivados do petróleo/extração e refino de petróleo	1	6	R\$ 1,4 milhão
<b>203</b>	Fabricação de resinas e elastômeros	1	1	R\$ 2 milhões
<b>206</b>	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	8	11	R\$ 6,5 milhões
<b>207</b>	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins	1	1	R\$ 910 mil
<b>209</b>	Fabricação de produtos e preparados químicos diversos	14	29	R\$ 14,1 milhões
<b>212</b>	Fabricação de produtos farmacêuticos	10	16	R\$ 21,9 milhões
<b>221</b>	Fabricação de produtos de borracha	1	2	R\$ 966 mil
<b>222</b>	Fabricação de produtos de plástico	6	12	R\$ 10,1 milhões
<b>234</b>	Fabricação de produtos cerâmicos	2	3	R\$ 494 mil
<b>244</b>	Metalurgia dos metais não-ferrosos	1	1	R\$ 78 mil
<b>251</b>	Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada	1	1	R\$ 374 mil
<b>253</b>	Forjaria, Estamparia, Metalurgia do Pó e serviços de tratamento de metais	3	2	R\$ 2,2 milhões
<b>254</b>	Fabricação de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas	1	1	R\$ 85 mil
<b>263</b>	Fabricação de equipamentos de comunicação	1	1	R\$ 907 mil
<b>265</b>	Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle; cronômetros e relógios	2	3	R\$ 498 mil
<b>266</b>	Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	1	1	R\$ 283 mil
<b>271</b>	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	1	4	R\$ 2 milhões
<b>279</b>	Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente	1	1	R\$ 843 mil
<b>282</b>	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral	1	1	R\$ 2,2 milhões
<b>285</b>	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e construção	1	1	R\$ 3 milhões
<b>286</b>	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso industrial específico	1	1	R\$ 2 milhões
<b>325</b>	Fabricação de instrumentos e materiais	15	25	R\$ 16,3 milhões

<b>CÓDIGO CNAE 2.0</b>	<b>GRUPO DE ATIVIDADES</b>	<b>NÚM. DE EMPRESAS</b>	<b>NÚM. DE PROJETOS</b>	<b>VALOR CONCEDIDO</b>
	para uso médico e odontológico e de artigos ópticos			
<b>329</b>	Fabricação de produtos diversos	1	1	R\$ 104 mil
<b>352</b>	Produção e distribuição de combustíveis gasosos por redes	1	1	R\$ 314 mil
<b>390</b>	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos	1	1	R\$ 1,6 milhão
<b>464</b>	Comércio atacadista de produtos de consumo não-alimentar	2	2	R\$ 2,7 milhões
<b>466</b>	Comércio atacadista de máquinas, aparelhos e equipamentos, exceto tecnologias de informação e comunicação	1	1	R\$ 1,3 milhão
<b>468</b>	Comércio atacadista especializado em outros produtos	1	1	R\$ 1,5 milhão
<b>472</b>	Comércio varejista de produtos alimentícios, bebidas e fumo	1	1	R\$ 172 mil
<b>477</b>	Comércio varejista de produtos farmacêuticos, perfumaria e cosméticos e artigos médicos, ópticos e ortopédicos	1	1	R\$ 2,2 milhões
<b>620</b>	Atividades dos serviços de tecnologia da informação	1	1	R\$ 124 mil
<b>702</b>	Atividades de consultoria em gestão empresarial	1	1	R\$ 295 mil
<b>712</b>	Testes e análises técnicas	6	9	R\$ 7 milhões
<b>721</b>	Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais	14	20	R\$ 7,9 milhões
<b>749</b>	Atividades profissionais, científicas e técnicas não especificadas anteriormente	1	1	R\$ 300 mil
<b>812</b>	Atividades de limpeza	1	1	R\$ 451 mil
<b>821</b>	Serviços de escritório e apoio administrativo	1	1	R\$ 180 mil
<b>829</b>	Outras atividades e serviços prestados principalmente às empresas	1	1	R\$ 175 mil
<b>853</b>	Educação Superior	1	1	R\$ 1,9 milhão
<b>854</b>	Educação profissional de nível técnico e tecnológico	1	1	R\$ 70 mil
<b>859</b>	Outras atividades de ensino	1	1	R\$ 124 mil
<b>864</b>	Atividades de complementação diagnóstica e terapêutica	2	2	R\$ 420 mil
<b>-</b>	Setor não identificado	2	2	R\$ 621 mil

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos sites das empresas e dos diretórios empresariais.

Há uma heterogeneidade razoável nos setores, os 46 grupos de atividades elencados acima tiveram uma média de 3,9 projetos por setor de atividade identificado. As empresas do setor de Fabricação de Produtos Farmacêuticos foram as mais beneficiadas em valores, cerca de R\$ 22 milhões para 16 projetos de 10 empresas. Isso faz com que o valor médio concedido por projeto pelos programas seja de R\$ 1,375 milhão. Em segundo lugar as empresas do setor

de Fabricação de Instrumentos e Materiais de Uso Médico e Odontológico e de Artigos Ópticos, com R\$ 16,3 milhões, 15 empresas e 25 projetos. O valor médio concedido, de R\$ 652 mil, é menos da metade do destinado para as empresas do grupo de atividades anterior. Já o grupo de atividades com maior número de projetos é o de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos, com 29 projetos, 14 empresas e cerca de R\$ 14 milhões concedidos. Vários grupos de atividade foram beneficiados somente com um projeto, geralmente de baixo valor e relacionado ao programa RHAE.

O grupo de atividades de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos é uma categoria residual, englobando assim variados produtos, como fabricação de tintas de escrever, óleos e gorduras, fluidos e os chamados outros produtos químicos não classificados anteriormente.

Apesar de ser a indústria de transformação o grande setor econômico com a maioria das empresas, elas se espalham em uma grande variedade de áreas, conforme visto na tabela 10 abaixo. As atividades econômicas foram classificadas no nível hierárquico mais alto e amplo da CNAE, as seções de atividades, identificadas por alguma letra do alfabeto.

TABELA 10 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS E SEUS PROJETOS POR SETOR ECONÔMICO

CÓDIGO	SEÇÃO DA CNAE 2.0	NÚMERO DE EMPRESAS	NÚMERO DE PROJETOS
<b>B</b>	Indústrias Extrativas	2	3
<b>C</b>	Indústrias de Transformação	80	131
<b>D</b>	Eletricidade e Gás	1	1
<b>E</b>	Água, Esgoto, Atividades de Gestão de Resíduos e Descontaminação	1	1
<b>G</b>	Comércio; Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas	6	6
<b>K</b>	Atividades Financeiras, de Seguros e Serviços Relacionados	1	1
<b>M</b>	Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas	22	31
<b>N</b>	Atividades Administrativas e Serviços Complementares	2	2
<b>P</b>	Educação	3	3
<b>Q</b>	Saúde Humana e Serviços Sociais	2	2
<b>-</b>	Não Identificado	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos sites das empresas e diretórios empresariais.

As empresas nas atividades da Indústria de Transformação se beneficiaram de 71,6% dos 183 projetos executados. Destacam-se também as Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas, com 17% dos projetos em empresas da área, especialmente em atividades de P&D e em testes e análises técnicas. Há ainda algumas empresas que possuem atividades principais no ramo comercial e educacional.

## 5.2 PADRÕES DE USO DOS PROGRAMAS

Quanto aos padrões de uso dos instrumentos analisados, o primeiro nível de análise refere-se ao responsável pela execução dos projetos. Dos 183 projetos executados, quatro foram realizados através de conjuntos de duas empresas e um por um conjunto de três na forma de consórcios de pesquisa. Todos os projetos foram no programa da FINEP de fomento a associações entre ICTs e empresas. O valor total destinado a esses projetos foi de R\$ 5,1 milhões. Três dos projetos foram para aplicações na subcategoria de uso de medicamentos e tratamentos, um para próteses, implantes e regeneração óssea e tecidual e o último para a subcategoria de revestimentos, *coatings* e tratamento de superfícies.

Algumas empresas usaram o mesmo programa mais de uma vez ou mesmo mais de um programa para projetos diferentes. Dos 183 projetos implementados por 122 empresas diferentes, 95 foram executados por empresas com mais de um uso dos instrumentos estudados, como pode ser visto na tabela 11 abaixo.

TABELA 11 – USO COMBINADO DOS PROGRAMAS PELAS EMPRESAS

<b>Empresas que utilizaram mais de um programa ou o mesmo programa mais de uma vez</b>	<b>28 empresas (95 projetos)</b>
Empresas que utilizaram somente o mesmo programa mais de uma vez	17 empresas (48 projetos)
Empresas que utilizaram dois programas	7 empresas (23 projetos)
Empresas que utilizaram os três programas	4 empresas (24 projetos)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado e pedido de informações adicionais às agências.

Dos 183 projetos implementados, 95 (mais da metade) foram executados por empresas que utilizaram um ou mais dos programas mais de uma vez. Mais da metade dos projetos foram executados por empresas que já conheciam os programas e tinham obtido aprovação anterior. Isso traz importantes questionamentos, já que se pode argumentar que somente um projeto de P&D pode não ser suficiente para alavancar a capacidade inovativa de uma empresa. O financiamento de vários projetos de uma mesma pode significar que a empresa já aprendeu o processo para ser beneficiada e assim o instrumento perde parte de sua eficácia em promover inovação, mas também pode significar que a empresa aprendeu a construir projetos sólidos e adquiriu melhores condições de pleitear e fazer bom uso do dinheiro público.

Dos 95 projetos executados por empresas com mais de um uso dos programas, 45 foram do programa RHAÉ, 24 no ICT-E e 26 no programa SEI. A empresa com maior número de projetos aprovados foi a Ângelus Indústria de Produtos Odontológicos, sediada no

Paraná e com atividades no setor de produção de instrumentos e materiais odontológicos, com oito projetos apoiados, sendo três pelo programa RHAE, um pelo ICT-E e quatro pela SEI. O valor total concedido para a empresa foi de R\$ 3,8 milhões de reais, com valor médio de R\$ 473 mil reais por projeto.

Em segundo lugar aparece a Petrobrás, sediada no Rio de Janeiro, com sete projetos, sendo um em conjunto com a Companhia Paranaense de Gás. Todos os projetos foram no programa ICT-E e totalizaram R\$ 1,82 milhão em recursos, uma média de R\$ 260 mil por projeto.

Empatadas no terceiro lugar, com seis projetos cada, estão a Nanox Tecnologia e a Tecnano Pesquisas e Serviços, ambas sediadas no Rio Grande do Sul. A Nanox Tecnologia recebeu recursos totais de R\$ 4,5 milhões, uma média de R\$ 750 mil por projeto. Ela obteve recursos dos três programas e atua no setor de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos. A Tecnano Pesquisa e Serviços atua no setor de Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais e recebeu recursos de R\$ 1,6 milhão, uma média de R\$ 268 mil por projeto, todos da RHAE. Colocadas em uma tabela, tem-se:

**TABELA 12 – EMPRESAS COM MAIOR NÚMERO DE PROJETOS BENEFICIADOS**

N.	Empresa	Setor de Atuação Principal	Projetos	Valor
1	Ângelus Indústria de Produtos Odontológicos	Produção de instrumentos e materiais médicos e odontológicos	8	R\$ 3,8 milhões
2	Petrobrás	Fabricação de Produtos Derivados do Petróleo/Extração e Refino de Petróleo	7	R\$ 1,82 milhão
3	Nanox Tecnologia	Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos	6	R\$ 4,5 milhões
4	Tecnano Pesquisa e Serviços	Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais	6	R\$ 1,6 milhão
5	Orbys Desenvolvimento de Tecnologia de Materiais	Fabricação de Resinas e Elastômeros	5	R\$ 1,28 milhão
6	Oxiteno Indústria e Comércio	Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos	5	R\$ 810 mil
7	FK Biotecnologia	Fabricação de Produtos Farmacêuticos	4	R\$ 5,7 milhões
8	Inventiva	Fabricação de Sabões, Detergentes, Produtos de Limpeza, Cosméticos, Produtos de Perfumaria e de Higiene Pessoal	4	R\$ 670 mil
9	Magmatec	Fabricação de Geradores, Transformadores e Motores Elétricos	4	R\$ 2 milhões
10	Nanocore Biotecnologia	Testes e Análises Técnicas	4	R\$ 3,5 milhões

Fontes: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado e pedido de informações adicionais às agências.

A tabela acima mostra a variedade dos setores das empresas beneficiadas, assim como de valores concedidos. Algumas empresas com menor número de projetos tiveram um valor concedido maior que outras com menos projetos.

Por fim, outra questão interessante é a comparação entre o número de empresas que realizaram P&D em NT segundo as PINTECs e o total de empresas beneficiadas pelos três programas no período. Relembra-se que a PINTEC não cobre adequadamente as empresas com menos de 10 funcionários e que muitas das beneficiadas podem estar nessa faixa. A PINTEC 2011 (IBGE, 2013) apontou que 123 empresas realizaram P&D envolvendo NT entre 2009 e 2011. Nesse mesmo período, 44 empresas diferentes utilizaram algum dos instrumentos de fomento em 43 projetos de P&D, sendo dois executados por firmas em conjunto. O número de beneficiadas representou pouco mais de um terço do número das que realizaram P&D segundo a PINTEC, tendo-se em mente que a PINTEC não considera empresas muito pequenas.

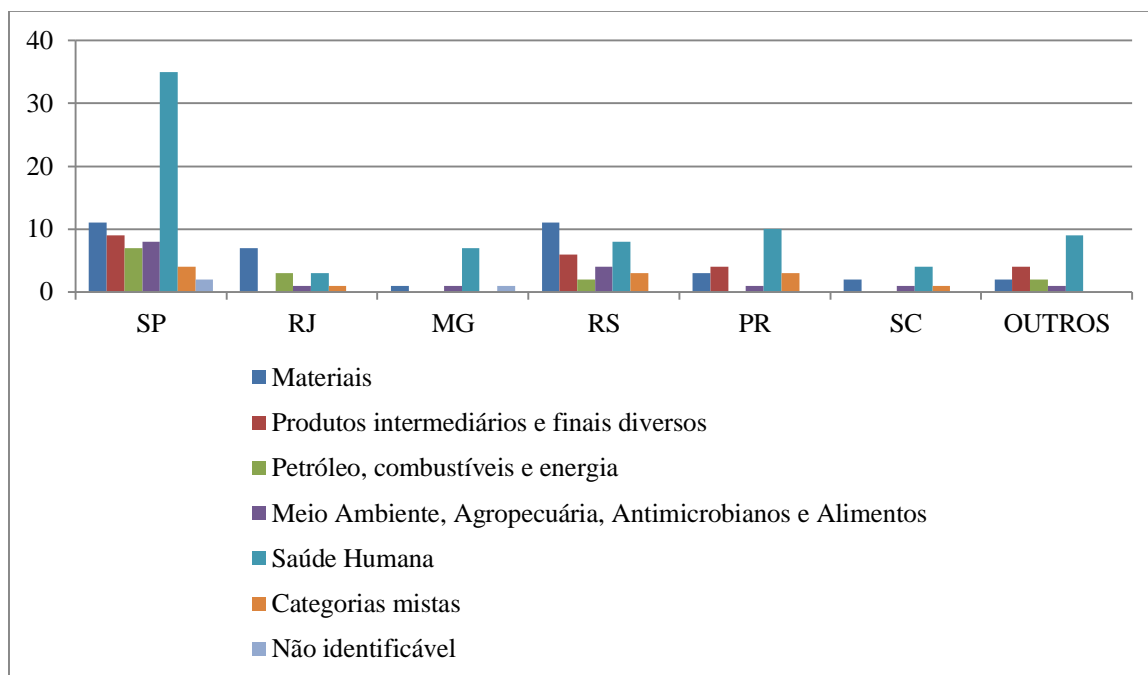
Já a PINTEC 2014 (IBGE, 2016) identificou 159 empresas que realizaram P&D envolvendo nanotecnologia em sua amostra no período entre 2012 e 2014. Para o mesmo período, os três programas beneficiaram 40 empresas em 44 projetos, nenhum em conjunto. O número de beneficiadas representou um quarto do total que realizou P&D.

A PINTEC 2008 (IBGE, 2010) não trouxe dados detalhados sobre número de empresas com P&D em NT no seu período de análise entre 2006 e 2008, mas o número de empresas beneficiadas no período foi de 51 em 73 projetos.

#### 5.4 O PERFIL DAS EMPRESAS E AS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS

Apresentado brevemente o padrão de uso dos mecanismos de fomento, passa-se agora à análise cruzada das categorias de uso dos projetos e o perfil das empresas beneficiadas de modo a verificar se as características das empresas variaram entre as diferentes categorias de uso dos projetos. Retomam-se aqui as categorias de uso dos projetos beneficiados em NT nos programas, conforme desenvolvido na seção 4.4. O gráfico 44 apresenta a distribuição por estado dos projetos implementados conforme suas categorias de uso.

GRÁFICO 44 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PROJETOS POR CATEGORIA DE USO



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos sites das empresas e dos diretórios empresariais.

Em termos absolutos, observa-se a predominância da categoria de uso Saúde Humana em todos os estados, exceto no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, nos quais a categoria Materiais dominou. Os projetos dessa categoria de Materiais se concentraram nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro.

São Paulo também teve um número expressivo de projetos na área de Produtos Intermediários e Finais Diversos junto com Rio Grande do Sul e Paraná; na área de Petróleo, Combustíveis e Energia, junto com o Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e categoria outros estados; assim como na Categoria Mista, junto com o Rio Grande do Sul e o Paraná. Essa análise se baseia em números absolutos.

A tabela 13 abaixo realiza a distribuição relativa dos projetos totais e por categorias de uso conforme os estados. A comparação entre a distribuição total e a das categorias por estado permite visualizar a concentração relativa das áreas da NT nos estados.

TABELA 13 – DISTRIBUIÇÃO DAS CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS POR ESTADO

ESTADOS	SP	RJ	MG	RS	PR	SC	OUTROS
<b>Proporção do Total de Projetos</b>	41,5%	8,2%	5,5%	18,6%	11,5%	4,4%	9,8%
<b>Proporção de projetos em Materiais</b>	29,7%	18,9%	2,7%	29,7%	8,1%	5,4%	5,4%
<b>Produtos Intermediários e Finais Diversos</b>	39,1%	0%	0%	26%	17,4%	0%	17,4%
<b>Petróleo, Combustível e Energia</b>	50%	21,4%	0%	14,3%	0%	0%	14,3%
<b>Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos</b>	47%	5,9%	5,9%	23,5%	5,9%	5,9%	5,9%

ESTADOS	SP	RJ	MG	RS	PR	SC	OUTROS
<b>Saúde Humana</b>	46%	3,9%	9,2%	10,5%	13,2%	5,3%	11,8%
<b>Categorias Mistas</b>	33,3%	8,3%	0%	25%	25%	8,3%	0%
<b>Não identificável</b>	66,6%	0%	33,3%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos editais de resultado e pedidos de informações adicionais às agências.

As diferenças mais significativas entre a distribuição geral e por categoria de uso por estado foram: São Paulo com uma maior concentração nas categorias Petróleo, Combustíveis e Energia, a Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos e Saúde Humana e uma menor concentração relativa de projetos nas categorias de Materiais e Mista.

O Rio de Janeiro apresentou uma maior concentração em projetos na categoria de Materiais e a de Petróleo, Combustíveis e Energia, o esperado já que o estado é a sede da Petrobrás e de várias empresas relacionadas, ele teve uma menor concentração na área de Saúde Humana.

Minas Gerais teve uma concentração relativamente alta de projetos na área de Saúde Humana e ausência de projetos na de Produtos Intermediários e Finais Diversos e Petróleo, Combustíveis e Energia.

O Rio Grande do Sul, vice-líder em fomento, teve uma maior concentração nas categorias de Materiais, Produtos Intermediários e Finais Diversos, Mista e Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos e uma menor concentração em Saúde Humana e Petróleo, Combustíveis e Energia.

Paraná teve maior força nas áreas de Produtos Intermediários e Finais Diversos, Categoria Mista, assim como em Saúde Humana, mas em um grau menor. O estado teve menor concentração em Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos e na de Materiais.

Santa Catarina se concentrou nas categorias Mista e Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos e não obteve projetos em Produtos Intermediários e Finais Diversos e Petróleo, Combustíveis e Energia.

Por fim, a categoria outros estados se concentrou em projetos na área de Produtos Intermediários e Finais Diversos e Petróleo, Combustíveis e Energia, tendo menos força nas áreas de Materiais e Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos.

Analizada a distribuição espacial das categorias dos projetos, parte-se agora para a análise das categorias de uso dos projetos aprovados conforme a idade das empresas beneficiadas, apresentada na tabela 14 abaixo. Ela apresenta a distribuição relativa dos projetos totais e por categoria de uso conforme os anos de fundação das empresas executoras dos projetos, divididos em faixas temporais. A comparação entre a distribuição geral e por



categoria permite inferir se houve alguma diferença entre as faixas de idade das categorias dos projetos e a geral.

TABELA 14 – DISTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS POR ANO DE FUNDAÇÃO DAS EMPRESAS E CATEGORIAS DE USO

ÁREAS/DISTRIBUIÇÃO POR IDADE	ATÉ 1970	DE 71-89	DE 90-99	DE 2000-09	DE 2010-2015
<b>Proporção dos projetos totais</b>	13,3%	13,3%	20,4%	52%	1,1%
<b>Materiais</b>	32,4%	16,2%	5,4%	45,9%	0%
<b>Prod. Intermediários e Finais Diversos</b>	12,5%	16,7%	25%	45,8%	0%
<b>Petróleo, Comb. e Energia</b>	15,38%	7,7%	15,38%	61,5%	0%
<b>Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos</b>	16,7%	11,1%	11,1%	61,1%	0%
<b>Saúde Humana</b>	4%	14,8%	27%	52,7%	1,35%
<b>Categoria Mista</b>	8,3%	0%	25%	66,7%	0%
<b>Não Identificável</b>	0%	0%	66,7%	0%	33,3%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos sites das empresas e diretórios empresariais.

A idade dominante em todas as categorias de uso foi a de 2000 a 2009, com mais da metade dos projetos para a maioria das categorias, exceto para a categoria Não Identificável, que possui domínio na faixa de 1990 a 1999, mas como se trata de uma categoria residual com somente três projetos, não interfere na tendência geral.

A categoria Materiais teve uma concentração expressiva de projetos em empresas fundadas antes de 1971 e uma menor concentração em empresas fundadas entre 1990 e 1999. A de Produtos Intermediários e Finais Diversos teve uma distribuição mais parecida com a geral, tendo uma leve concentração dos projetos em empresas fundadas entre 1990 e 1999. A categoria de Petróleo, Combustíveis e Energia teve uma menor concentração em empresas fundadas antes de 1971 e uma maior proporção em empresas fundadas entre 2000 e 2009, justamente o período com maior atenção voltada para temas como energia renovável, energia solar e Pré-Sal.

A de Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos teve uma concentração menor em 1990 a 1999 e maior entre empresas de 2000 a 2009, época com maior destaque para temas como biotecnologia e tecnologias ambientais. A de Saúde Humana possuiu significativamente menos projetos em empresas antigas, fundadas antes de 1971 e uma maior concentração relativa em empresas fundadas entre 1990 e 1999, assim como em 2000 a 2009, mas de maneira mais leve nessa última faixa. Por fim, a Categoria Mista tem maior proporção entre 2000 e 2009 e nenhum entre 1971 a 1989.

Essa concentração em anos mais recentes pode indicar que as novas empresas têm atividades relacionadas a campos emergentes, como biotecnologia e tecnologias ambientais, mas para confirmar isso seriam necessários mais dados e se iria além do escopo do presente trabalho.

Uma questão interessante também é a relação entre as categorias de uso dos projetos e os setores de atividade principal das empresas beneficiadas nessas categorias. O quadro 16 abaixo traz os setores das empresas e o número de projetos conforme os grupos de atividades da CNAE 2.0 das empresas, podendo haver um ou mais projetos para cada setor.

QUADRO 16 – CATEGORIAS DE USO DOS PROJETOS, SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL E NÚMERO DE PROJETOS POR SETOR DE ATIVIDADE

CATEGORIA DE USO	SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL DAS EMPRESAS
<b>Materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades de limpeza: 1 projeto</li> <li>• Extração de outros minerais não-metálicos: 1</li> <li>• Fabricação de celulose e outras pastas para papel: 1</li> <li>• Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos: 2</li> <li>• Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e artigos ópticos: 2</li> <li>• Fabricação de máquinas e equipamentos de uso industrial específico: 1</li> <li>• Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e construção: 1</li> <li>• Fabricação de produtos de borracha: 1</li> <li>• Fabricação de produtos de material plástico: 6</li> <li>• Fabricação de produtos derivados do petróleo/extração e refino de petróleo: 4</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 7</li> <li>• Fabricação de resinas e elastômeros: 2</li> <li>• Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e higiene pessoal: 1</li> <li>• Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais: 1</li> <li>• Metalurgia dos metais não-ferrosos: 1</li> <li>• Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em ciências físicas e naturais: 3</li> <li>• Serviços de escritório e apoio administrativo: 1</li> <li>• Testes e análises técnicas: 1</li> </ul>
<b>Produtos Finais e Intermediários Diversos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educação profissional de nível técnico e tecnológico: 1</li> <li>• Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário: 1</li> <li>• Fabricação de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas: 1</li> <li>• Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente: 1</li> <li>• Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada: 1</li> <li>• Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos: 1</li> <li>• Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e artigos ópticos: 1</li> <li>• Fabricação de produtos cerâmicos: 2</li> <li>• Fabricação de produtos de borracha: 1</li> <li>• Fabricação de produtos de material plástico: 2</li> <li>• Fabricação de produtos diversos: 2</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 5</li> <li>• Fabricação de resinas e elastômeros: 1</li> <li>• Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins: 1</li> </ul>

CATEGORIA DE USO	SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL DAS EMPRESAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais: 2</li> <li>• Testes e análises técnicas: 1</li> </ul>
<b>Petróleo, Combustíveis e Energia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades de consultoria em gestão empresarial: 1</li> <li>• Atividades de serviço de tecnologias de informação: 1</li> <li>• Extração de outros minerais não metálicos: 2</li> <li>• Fabricação de equipamentos de comunicação: 1</li> <li>• Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos: 1</li> <li>• Fabricação de produtos derivados do petróleo/extração e refino de petróleo: 1</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 2</li> <li>• Fabricação de resinas e elastômeros: 1</li> <li>• Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais: 3</li> </ul>
<b>Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comércio atacadista especializado em outros produtos: 1</li> <li>• Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos: 1</li> <li>• Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle, cronômetros e relógios: 2</li> <li>• Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos: 1</li> <li>• Fabricação de produtos derivados do petróleo/extração e refino de petróleo: 1</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 7</li> <li>• Fabricação de produtos farmacêuticos: 1</li> <li>• Fabricação de resinas e elastômeros: 1</li> <li>• Outras atividades e serviços prestados principalmente às empresas: 1</li> <li>• Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais: 2</li> </ul>
<b>Saúde Humana</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades e serviços de complementação diagnóstica e terapêutica: 2</li> <li>• Comércio atacadista de máquinas, aparelhos e equipamentos, exceto tecnologias de informação e comunicação: 1</li> <li>• Comércio atacadista de produtos de consumo não alimentar: 2</li> <li>• Comércio varejista de produtos farmacêuticos, perfumaria e cosméticos e artigos médicos, ópticos e ortopédicos: 1</li> <li>• Educação superior: 1</li> <li>• Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle, cronômetros e relógios: 1</li> <li>• Fabricação de aparelhos eletromédicos, eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação: 1</li> <li>• Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário: 1</li> <li>• Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos: 19</li> <li>• Fabricação de outros produtos alimentícios: 2</li> <li>• Fabricação de produtos cerâmicos: 1</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 3</li> <li>• Fabricação de produtos farmacêuticos: 14</li> <li>• Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal: 10</li> <li>• Outras atividades de ensino: 1</li> <li>• Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais: 7</li> <li>• Testes e análises técnicas: 7</li> <li>• Setor não definido: 2</li> </ul>
<b>Categoria Mista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades profissionais, científicas e técnicas não especificadas anteriormente: 1</li> <li>• Comércio varejista de produtos alimentícios, bebidas e fumo: 1</li> <li>• Fabricação de outros produtos alimentícios: 1</li> <li>• Fabricação de produtos e preparados químicos diversos: 3</li> <li>• Fabricação de resinas e elastômeros: 1</li> <li>• Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais: 4</li> <li>• Produção e distribuição de combustíveis gasosos por redes: 1</li> </ul>

CATEGORIA DE USO	SETORES DE ATIVIDADE PRINCIPAL DAS EMPRESAS
Não Identificável	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabricação de instrumentos e materiais de uso médico e odontológico e artigos ópticos: 1</li> <li>Fabricação de produtos farmacêuticos: 1</li> <li>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais: 1</li> </ul>

Fonte: Elaborado com base nos sites das empresas e diretórios empresariais.

Conforme já observado na seção 5.1, a distribuição dos projetos pelos grupos de atividade principal das empresas é dispersa. Se formos considerar a média de projetos por setor das empresas em cada categoria de uso da pesquisa, descobre-se que a categoria Saúde Humana é a mais concentrada, com 4,11 projetos por setor, seguida pela de Materiais com 2,05, tendo as outras categorias valores ainda menores. A partir disso, conclui-se que, com exceção da categoria Saúde Humana, a maioria das outras categorias possuem um valor médio de projetos por setor pouco maior que um, ou seja, há uma dispersão setorial alta.

É interessante também observar se há uma convergência entre as aplicações dentro das categorias de uso e os setores principais das empresas beneficiadas. Para esse fim, listaram-se os três setores com maior número de projetos por categoria e se comparou com as aplicações esperadas da categoria.

A categoria de Materiais teve mais projetos em empresas com atividades nas áreas de: Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos, uma categoria da CNAE 2.0 residual que engloba variadas atividades, liderando com sete projetos, todos na subcategoria de uso de nanocompósitos, nanodispersões e nanoemulsões; a Fabricação de Produtos de Material Plástico com seis projetos veio em segundo, sendo seguida pela Fabricação de Produtos Derivados do Petróleo/Extração e Refino de Petróleo com quatro projetos. Considerando que entre os principais produtos dessa categoria estão os plásticos e polímeros, parece haver certa convergência entre as categorias dos projetos e os setores mais comuns das empresas.

A categoria de Produtos Finais e Intermediários Diversos foi dominada por esse mesmo grupo de atividades residual, a Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos, com cinco projetos, sendo três para aplicações em revestimentos, *coatings* e tratamento de superfícies. Empatados com dois projetos estão os grupos de Fabricação de Produtos Cerâmicos, a Fabricação de Produtos de Material Plástico, Fabricação de Produtos Diversos e Forjaria, Estamparia, Metalurgia do Pó e Serviços de Tratamento de Metais. Essa categoria inclui produtos cerâmicos e coberturas de materiais, que se assemelham aos setores

de Fabricação de Produtos Cerâmicos e da Forjaria e Tratamento de Metais. Há certa convergência entre os produtos e os setores.

A categoria de Petróleo, Combustíveis e Energia foi dominada por essa mesma categoria residual de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos, com três projetos, todos pertencentes à subcategoria do petróleo, derivados e petroquímicos, junto com a de Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais, com três projetos também. Em terceiro lugar, com dois projetos, a Extração de Outros Minerais Não Metálicos. A convergência entre os setores e a categoria parece fraca, esperava-se um maior domínio de empresas com atividades na cadeia de petróleo ou energia elétrica, por exemplo.

A categoria Meio Ambiente, Agropecuária, Antimicrobianos e Alimentos foi dominada pelo grupo de atividades de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos com sete projetos, sendo seis para aplicações em produtos antimicrobianos, seguido pela Fabricação de Aparelhos e Instrumentos de Medida, Teste e Controle, Cronômetros e Relógios com projetos na área de agricultura de precisão e a Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Físicas e Naturais empatam com dois projetos cada. Os setores contemplados não foram tão próximos dos esperados, como o de produção de sementes ou de alimentos.

A área de Saúde Humana foi dominada pelos setores esperados, com a Fabricação de Instrumentos e Materiais de Uso Médico e Odontológico e Artigos Ópticos liderando com dezenove projetos, seguido pela Fabricação de Produtos Farmacêuticos com quatorze e pela Fabricação de Sabões, Detergentes, Produtos de Limpeza, Cosméticos, Produtos de Perfumaria e de Higiene Pessoal com dez projetos. Esses grupos eram esperados pela própria natureza da categoria e sua grande relação com a medicina. Seguindo-lhes, têm-se os grupos de Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais e Testes e Análises Técnicas, ambos os grupos com sete projetos. A convergência é mais clara nessa categoria de uso.

Na Categoria Mista, o grupo de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais liderou com quatro projetos e a Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos seguiu com três projetos. A Não Identificável teve um projeto por grupo de atividades.

Nota-se a que várias empresas declaram ser sua atividade principal a P&D, indicando que essas empresas tendem a ser especializadas na produção de tecnologias, testes, caracterizações de produtos, etc., para outras, ou se trata de empresas que ainda estão em seus estágios iniciais, na fase de pesquisa e desenvolvimento de produtos para futuramente introduzi-los no mercado.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O presente capítulo mostrou que os recursos tenderam a se concentrar no estado de São Paulo, seguido pelo Rio Grande do Sul. Em termos regionais, as empresas se concentraram nas regiões sudeste e sul. O capital da grande maioria das empresas foi de origem nacional. Empresas mais novas, fundadas nas décadas de 1990 e 2000 dominaram os projetos e as empresas tiveram variados setores de atividade principal.

Muitas empresas acabaram usando o mesmo programa mais de uma vez ou mais de um dos programas de fomento.

Em termos de categorias de uso e perfil das empresas, a maioria dos estados teve a Saúde Humana como categoria mais relevante, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul tiveram uma maior concentração relativa de projetos em Materiais, enquanto Minas Gerais teve em Saúde Humana. Quanto à idade das empresas, há uma concentração de projetos em empresas fundadas entre 2000 e 2009 na categoria de Petróleo, Combustíveis e Energia; em Materiais a concentração se dá nas empresas fundadas antes de 1971, já a categoria de Saúde Humana tem concentração relativamente menor de projetos em empresas fundadas antes de 1971.

A análise setorial indica que as categorias tenderam a ter um grande número de setores empresariais, fazendo com que o número de projetos médio por setor fosse baixo, exceto para a categoria Saúde Humana. Em termos de convergência entre o esperado para os setores das empresas conforme as categorias dos projetos, observou-se uma convergência não muito forte, sendo mais expressiva somente na categoria de Saúde Humana.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas tecnologias possuem um potencial de ocasionar mudanças sociais e econômicas revolucionárias, criando e mudando radicalmente variados setores. Os Estados devem estar atentos quanto a essas tecnologias de modo a traçar estratégias para que seu país se beneficie de seu desenvolvimento.

A nanotecnologia – NT tem sido reconhecida como uma das tecnologias emergentes com maior potencial de se tornar revolucionária. Entre suas propriedades estão a pervasividade, ou seja, sua capacidade de trazer melhorias para variados setores e sua capacidade de convergência com outras tecnologias emergentes.

O Brasil tem formulado políticas de fomento específicas para a NT desde 2001, tendo ela sempre lugar de destaque nos planos de política industrial e de ciência, tecnologia e inovação, sendo reconhecida como “área portadora de futuro”. Contudo, a análise dessas políticas tem apontado sua ineficácia, sua descontinuidade e seu foco excessivo no fomento à P&D, ignorando outros elementos importantes do processo inovativo (GORDON, 2010; PEIXOTO, 2013).

A inovação é um processo complexo e interativo e as empresas podem ter certa resistência em entrar em uma nova trajetória emergente surgida a partir dessa nova tecnologia. Uma política de inovação contínua e coerente internamente e em relação a outras políticas, é um dos elementos que ajudam as empresas a se adaptarem e a arriscarem.

Uma classe especial de instrumentos de fomento é considerada pela literatura como mais adequada para tecnologias com potencial revolucionário e causadoras de grandes mudanças, como a NT, os instrumentos de financiamento não reembolsáveis. Eles possuem a possibilidade de ação seletiva e são formas de compartilhamento dos custos de projetos de inovação de alto risco tecnológico entre o governo e as empresas. O trabalho analisa a trajetória da nanotecnologia em três programas desse tipo do Brasil: a Subvenção Econômica, o financiamento não reembolsável a projetos de P&D de ICTs em associação com empresas, ambos da FINEP e o programa RHAE do CNPq. Todos eles focam no incentivo aos gastos de P&D das empresas, uma visão limitada do processo inovativo, mas ainda assim relevante.

As dimensões analisadas da política nesses instrumentos foram a continuidade da política, a seletividade dos seus editais em termos de temas prioritários dentro da NT e a priorização efetiva que a NT teve dentro desses programas. Também se buscou as categorias

de uso dos projetos dentro das amplas possibilidades da NT e a caracterização do perfil das empresas beneficiadas e de seu padrão de uso desses instrumentos.

A partir da análise dos editais de chamada e resultado dos três programas supracitados, observou-se que a política de inovação em nanotecnologia foi muito descontínua, pouco seletiva e pouco priorizada na prática.

Entre 2001 e 2013, 35 editais incluíram a área de NT, seja mencionando algum dos seus termos nas chamadas ou em projetos contemplados. Desses, 4 foram voltados especificamente para NT em 2004, 2005 e 2009 no programa ICT-E e um na SEI em 2013. O ano de 2006 teve o maior número de editais, chegando a seis. A partir de 2008 houve uma queda no número de editais, e no ano de 2011 não houve nenhum. Uma tentativa de retomada foi feita em 2013 com quatro editais contemplando NT, mas que não teve seguimento.

Em termos de recursos, 2013 e 2007 foram os anos mais proeminentes. Cerca de R\$ 121 milhões foram concedidos pelos programas no período e quase 53% se concentrou nesses dois anos, evidenciando a descontinuidade da política.

No mesmo período foram implementados 183 projetos. Desses, 45% eram do programa RHAE, que teve o maior número de projetos, mas o menor volume de recursos, com 12,16%, o ICT-E com 24,6% dos projetos e 22,3% dos recursos e a SEI com 30,6% dos projetos e 65,5% dos valores. A SEI foi o programa mais importante entre os três em valor e a RHAE em número de projetos.

As chamadas também tenderam a ser pouco seletivas ao elencarem os temas prioritários, causando uma pulverização dos recursos entre as áreas.

A descontinuidade da política, a falta de priorização da NT nos editais, assim como o baixo valor concedido na maioria deles fez com que essa política de promoção fosse tímida. Houve uma discordância entre o potencial exaltado da NT nos planos das políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação e Industrial e o efetivamente implementado nesses três programas.

Partindo-se para a análise das categorias de aplicação dos projetos. As áreas que tiveram maior número de projetos e valores aprovados foram as de Medicamentos e Tratamentos com 32 projetos (17,5% do total), Cosméticos e Higiene Pessoal com 16, Nanocompósitos, Nanodispersões e Nanoemulsões com 14, Plásticos, Polímeros e Resinas com 13 e Produtos Odontológicos com 13. Observa-se a predominância de aplicações em áreas relacionadas à Saúde Humana, seguida de Materiais. Os dados também apontam o baixo volume de projetos em áreas consideradas promissoras da NT como energia, meio ambiente, eletrônica e fotônica.



Por fim, o delineamento do perfil das empresas recebedoras de recursos. Das 122 empresas que receberam recursos dos programas no período, apenas em dois casos não foi possível aceder a seus dados básicos, analisando-se o perfil das restantes 120. A distribuição espacial dos recursos se concentrou no estado de São Paulo, com mais de 40% dos projetos e recursos. Em segundo lugar, o Rio Grande do Sul, seguido pelo Paraná em número de projetos e pelo Rio de Janeiro em valores.

A distribuição por regiões do país demonstra ainda mais o grau da concentração dos projetos. A região Norte não obteve recursos, a região Nordeste somada a Centro-Oeste obteve menos de 15%. Um montante de 29,6% dos recursos foi para os estados do Sul e mais da metade, 56,2% para os do Sudeste. Assim, as regiões menos desenvolvidas acabaram recebendo menos recursos.

Em termos da distribuição dos recursos segundo a idade das empresas, há uma clara concentração dos projetos nas empresas mais novas, criadas nas décadas de 2000 (50,8% dos projetos) e 1990 (20,2%).

Quanto aos setores de atividade principal, há uma grande heterogeneidade nos setores das empresas beneficiadas, se destacando como os setores mais proeminentes o de Fabricação de Produtos Farmacêuticos, com mais de R\$ 22 milhões, 16 projetos e 10 empresas, seguido pelo de Fabricação de Instrumentos e Materiais Médicos e Odontológicos e de Artigos Ópticos com R\$ 16,3 milhões de reais, 15 empresas e 25 projetos.

O padrão de uso dos programas pelas empresas mostra que algumas delas aprenderam a utilizar os mesmos, usando-os mais de uma vez. Isso pode evidenciar tanto um uso consequente dos recursos públicos para projetos maiores de inovação como a criação de uma excessiva dependência dos fundos públicos por parte das empresas. Mais da metade (52%) dos 183 projetos foram executados por empresas que se beneficiaram mais de uma vez de pelo menos um dos programas.

A análise do perfil das empresas conforme as categorias de uso dos projetos indica a liderança da categoria Saúde Humana em termos de número de projetos em todos os estados, exceto Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, que tiveram mais projetos na categoria de Materiais.

Calculou-se a distribuição dos projetos conforme os anos de fundação das empresas e as categorias de uso. A categoria de Materiais teve uma maior concentração de projetos em empresas fundadas antes de 1971 que a taxa geral. A de Petróleo, Combustíveis e Energia teve uma concentração relativa de projetos em empresas da década de 2000 e uma menor nas empresas da década de 1990, assim como a categoria de Meio Ambiente, Agropecuária,

Antimicrobianos e Alimentos. A categoria de Saúde Humana teve uma proporção muito baixa de projetos em empresas fundadas antes de 1971 e uma proporção relativamente alta em empresas da década de 1990, indicando que as empresas dessa categoria tenderam a ser mais novas que o padrão geral. O mesmo pode-se dizer da Categoria Mista, só que sua concentração se deu na década de 2000.

A distribuição por setores de atividade principal e categorias de uso evidenciou a grande variedade de setores dentro das categorias. A categoria de Saúde Humana foi dominada por empresas de setores convergentes com seus objetos, enquanto nas outras categorias isso não foi tão evidente. Outros dois fatos foram o alto número de empresas com atividades no grupo de Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais, espalhadas pela maioria das categorias e o grande número de empresas no grupo de atividades residual de Fabricação de Produtos e Preparados Químicos Diversos, entre os dominantes para a maioria das categorias.

A partir das evidências apresentadas, concluímos que apesar da alocação de R\$ 123 milhões em recursos nos três programas, a política de estímulo à inovação na área de nanotecnologia mediante esses instrumentos caracterizou-se pela descontinuidade, falta de seletividade e de priorização. Apesar de a mesma ter sido citada em variados documentos da área como uma tecnologia de grande potencial, na prática sua política não foi tão forte. O provável fator por trás dessas oscilações no fomento foi a falta de priorização interna e as flutuações no orçamento e ações causadas por outras políticas, como a de estabilização macroeconômica.

As categorias de uso dos projetos se concentraram em aplicações nas áreas Saúde Humana e Materiais. Áreas consideradas promissoras como nanoenergia, nanoambiente e nanoeletrônica tiveram poucos projetos aprovados. Os projetos e as empresas tenderam a se concentrar em São Paulo, a serem relativamente novas e a terem atividades principais em uma variedade considerável de setores. Além disso, grande parte delas usou os programas mais de uma vez. Por fim, há uma concentração de projetos na categoria de Materiais no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, em empresas mais tradicionais e em Saúde Humana em empresas mais novas, com concentração relativa em Minas Gerais. Há uma convergência fraca entre os itens das categorias de uso e os setores esperados de atividade das empresas, exceto para a categoria de Saúde Humana, em que há convergência.

A presente dissertação não se propôs a analisar a eficácia dos programas no fomento à inovação em NT nas empresas, nem o perfil de inovação ou de atividades em nanotecnologia das empresas beneficiadas. Essas questões, assim como o fato de que há poucos projetos em

áreas promissoras como eletrônica, meio ambiente e fotônica podem ser alvo de investigações posteriores. Também se pode aprofundar na análise das categorias de uso dos projetos e na dinâmica das relações entre ICTs e empresas.

## REFERÊNCIAS

- ABDI (2003), DIRETRIZES DE POLÍTICA INDUSTRIAL, TECNOLÓGICA E DE COMÉRCIO EXTERIOR. Disponível em:< [http://www.uece.br/nit/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=954&tmpl=component&format=raw&Itemid=157](http://www.uece.br/nit/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=954&tmpl=component&format=raw&Itemid=157)>. Acessado em: 02/04/2016.
- ABDI (2010). Estudo prospectivo: nanotecnologia, 2010. Disponível em:<[http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo %20Prospectivo%20de%20Nano tecnologia .pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf)>. Acessado em: 10/10/2015.
- ABDI (2016). Plano Brasil Maior PBM. Disponível em:< [http://www.abdi.com.br/Estudo/Plano% 20Brasil%20Maior%20-%20FINAL.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Plano%20Brasil%20Maior%20-%20FINAL.pdf)>. Acessado em: 03/11/2016.
- ARNOLD, Erik. Evaluating research and innovation policy: a systems world needs systems evaluations. **Research Evaluation**, v. 13, n. 1, p. 3-17, 2004.
- BAINBRIDGE, William Sims; ROCO, Mihail C. **Managing nano-bio-info-cogno innovations**. Dordrech [etc.]: Springer, 2006.
- BCC (2014), Nanotechnology: A Realistic Market Assessment. Disponível em:<[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/308401/NAN%20Report%20Overviews/NAN031F\\_Report%20Overview.pdf?utm\\_campaign=NAN031F&utm\\_source=hs\\_automation&utm\\_medium=email&utm\\_content=39597998&\\_hsenc=p2ANqtz-8pfarQskYJ3ZKS7MWw56T0hDlhyF4ttXWX0InlXgNUps-mI63IIXMnT4un72JyywEycdQHmwtJQVuvllYkrEhlyGeo9SRuklpsh0PfkNgHqF3Bf4&\\_hsmi=39597998](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/308401/NAN%20Report%20Overviews/NAN031F_Report%20Overview.pdf?utm_campaign=NAN031F&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=39597998&_hsenc=p2ANqtz-8pfarQskYJ3ZKS7MWw56T0hDlhyF4ttXWX0InlXgNUps-mI63IIXMnT4un72JyywEycdQHmwtJQVuvllYkrEhlyGeo9SRuklpsh0PfkNgHqF3Bf4&_hsmi=39597998)>, Acessado em: 24/12/2016.
- BCC (2016), The Maturing Nanotechnology Market: Products and Applications. Disponível em:< [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/308401/Report\\_OVs/NAN031G\\_Report%20Overview.pdf?utm\\_campaign=NAN031G&utm\\_source=hs\\_automation&utm\\_medium=email&utm\\_content=39597949&\\_hsenc=p2ANqtz-8pgENf5Cq1Qjw0828OMVCpA7ae0C\\_yOMg\\_yEFsreYRXG0jjUr8eVWTuuhR4wRHn-6mkdMp-y\\_70yRsdJ7sCghI3OlukoF74rDE\\_l7P0MWM-Eob2vA&\\_hsmi=39597949](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/308401/Report_OVs/NAN031G_Report%20Overview.pdf?utm_campaign=NAN031G&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=39597949&_hsenc=p2ANqtz-8pgENf5Cq1Qjw0828OMVCpA7ae0C_yOMg_yEFsreYRXG0jjUr8eVWTuuhR4wRHn-6mkdMp-y_70yRsdJ7sCghI3OlukoF74rDE_l7P0MWM-Eob2vA&_hsmi=39597949)>. Acessado em: 21/01/2017.
- BNDES (2016) – Financiamentos. Disponível em:< <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/>>. Acessado em: 11/06/2015.
- BORRÁS, Susana; EDQUIST, Charles. The choice of innovation policy instruments. **Technological forecasting and social change**, v. 80, n. 8, p. 1513-1522, 2013.
- BRASIL (1988), Constituição Federal. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil-\\_03/Constituição](http://www.planalto.gov.br/ccivil-_03/Constituição)>. Acessado em: 04/01/2017.
- BRAUN, Dietmar. The mix of policy rationales in science and technology policy. **Melbourne Journal of Politics**, v. 31, p. 8, 2006.

BRULAND, K.; MOWERY, D. Innovation through Time. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 349 – 380.

BUSH, Vannevar. Science: The endless frontier. **Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)**, v. 48, n. 3, p. 231-264, 1945.

CÂMARA (2016), Plano Plurianual 2004-2008. Disponível em:<<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/orçamentobrasil/ppa/ppa2004-7html/index.html>>. Acessado em: 01/11/2016.

CAMPOS, A. L. S. Ciência, Tecnologia e Economia. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da Inovação Tecnológica**. Ed. Hucitec, SP, 2006, p. 137 – 167.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo Perspec.**, São Paulo , v. 19, n. 1, p. 34-45, Mar. 2005.

CÉSAR JR, Samuel. Fronteira tecnológica e escassez de recursos: uma análise da nanotecnologia no Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior, Brasília, DF**, n. 9, p. 19-26, 2010.

CNI (2009), Avaliação e Perspectivas da Política de Desenvolvimento Produtivo. Disponível em:<<http://admin.cni.org.br/portal/data/files/00/FF80808123070B3901231A3DB8520258/Pol%C3%ADtica%20de%20Desenvolvimento%20Produtivo%20%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Perspectivas.pdf>>. Acessado em: 10/04/2016.

CNPq (2016), RHAE: Apresentação. Disponível em:<<http://cnpq.br/apresentacao-rhae>>. Acessado em: 21/09/2015.

COCCIA, Mario; FINARDI, Ugo; MARGON, Diego. Current trends in nanotechnology research across worldwide geo-economic players. **The Journal of Technology Transfer**, v. 37, n. 5, p. 777-787, 2012.

CORDER, Solange; SALLES FILHO, Sérgio. Aspectos conceituais do financiamento à inovação. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 5, n. 1 jan/jun, p. 33-76, 2009.

COSTA, A. Teoria Econômica e Política de Inovação. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 20, n.2, p. 281-307, 2016.

COSTA, A.; SZAPIRO, M.; CASSIOLATO, J. E. Análise da operação do instrumento de subvenção econômica à inovação no Brasil. In: **Conferência Internacional LALICS 2013 “Sistemas Nacionais de Inovação e Políticas de CTI para um Desenvolvimento Inclusivo e Sustentável”**, 2013, Rio de Janeiro.

DOSI, G. Algumas conclusões sobre a mudança técnica e a difusão tecnológica como uma introdução à transformação macroeconômica. In: DOSI, Giovanni. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Editora Unicamp, 2006a.

DOSI, G. Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change. In: Dosi, G. **Innovation, Organization and Economic Dynamics: selected essays**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2000a, p. 144 – 162.

DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. In: Dosi, G. **Innovation, Organization and Economic Dynamics: selected essays**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2000b, p. 63 – 114.

DOSI, G. Tendências da inovação e seus determinantes: os ingredientes do processo inovador. In: DOSI, Giovanni. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Editora Unicamp, 2006b, p. 29 – 126.

DOSI, G.; NELSON, R. An introduction to Evolutionary Theories in Economics. In: DOSI, G. **Innovation, Organization and Economic Essays**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2000, p. 327 – 346.

DOSI, G.; NELSON, R. Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes. In: HALL, B.; ROSENBERG, N. **Handbook of the Economics of Innovation**. Elsevier: Oxford, 2010, p. 52 – 117.

DRECHSLER, W. Governance in and of Techno-Economic Paradigm Shifts: considerations for and from Nanotechnology Surge. In: DRECHSLER, W.; KATTEL, R.; REINERT, E. **Tecno-economic Paradigms: essays in Honour of Carlota Perez**, London, 2009, p. 95 – 104.

EDQUIST, C. Design of innovation policy through diagnostic analysis: identification of systemic problems (or failures). **Industrial and Corporate Change**, 11, 2011, p. 1-29.

EDQUIST, C. Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 181 – 208.

MCTI (2012), Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 – 2015. Disponível em:<[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0218/218981.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf)>. Acessado em: 14/07/2016.

MCTI (2016) Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019. Disponível em:< <http://www.mcti.gov.br/documents/10179/1712401/Estrat%C3%A9gia+Nacional+de+C%C3%A2ncia,%20Tecnologia+e+Inova%C3%A7%C3%A3o+2016-2019/0cfb61e1-1b84-4323-b136-8c3a5f2a4bb7>>. Acessado em: 30/11/2016.

FAGERBERG, J. Innovation: A Guide to the Literature. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 1 – 27.

FAGERBERG, Jan. New foundations for innovation policy: research directions. 6CP workshop: **New economic ground for innovation policy**, Bilbao, 13-14 September 2009. 7p.

FINEP (1997), MANUAL DE OSLO – diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação – FINEP , 1997. Disponível em:< <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acessado em: 18/04/2016.

FINEP (2010) MANUAL DE PROGRAMA DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA 2010. Disponível em:< <http://download.finep.gov.br/manuais/manualSubvencao2010.pdf>>. Acessado em: 14/04/2016.

FINEP (2015) – Política Operacional da FINEP. Disponível em:< [https://www.finep.gov.br/images/a-finep/politica-operacional/FNP\\_Politica\\_2015.pdf](https://www.finep.gov.br/images/a-finep/politica-operacional/FNP_Politica_2015.pdf)>. Acessado em: 15/01/2017.

FINEP (2016), FINEP – Apoio e Financiamento: o que são. Disponível em:< <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/o-que-apoiamos>>. Acessado em: 18/04/2016.

FINEP (2016), Subvenção Econômica. Disponível em:<[www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/instrumentos-de-apoio/subvencao-economica](http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/instrumentos-de-apoio/subvencao-economica)>. Acessado em: 04/01/2016.

FLANAGAN, K.; UYARRA, E.; LARANJA, M. Reconceptualising the ‘policy mix’ for Innovation. **Research Policy**, v. 40, n. 5, p. 702-713, 2011.

GODIN, Benoît. Making Science, Technology and Innovation Policy: Conceptual Frameworks as Narratives. **Management**, v. 5, n. 4, p. 761-778. 2009.

GORDON, J. L. **Políticas para Nanotecnologia no Brasil – 2004/2008**. 174 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

GRAHAM, Stuart JH; IACOPETTA, Maurizio. Nanotechnology and the emergence of a general purpose technology. In: **Annals of Economics and Statistics/Annales d'Économie et de Statistique**, n. 115-116, p. 25-55, 2014.

GUIMARÃES, Eduardo Augusto *et al.* **Políticas de inovação: financiamento e incentivos**. Ipea, 2006.

HALL, Bronwyn H. The financing of innovation. **The Handbook of Technology and Innovation Management**, p. 409-430, 2005.

HALL, B.; LERNER, J. The financing of R&D and innovation. In: HALL, R.; ROSENBERG, N. (orgs.). **The economics of innovation**. Amsterdã: Elsevier, 2010, p. 609-669.

HALL, B. The private and social returns to Research and Development. In: Smith, B.; Barfield, C. **Technology, R&D and the Economy**. Washington D.C.: The Brookings Institution, 1996. p. 140 – 183.

HELPMAN, Elhanan; TRAJTENBERG, Manuel. **A time to sow and a time to reap: Growth based on general purpose technologies**. National Bureau of Economic Research, 1994.

HIGACHI, H. A abordagem neoclássica do progresso técnico. In: PELAEZ, V.; SZMRECSANYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2005. p. 67 – 86.

HUSSEIN, Ahmed Kadhim. Applications of nanotechnology in renewable energies—A comprehensive overview and understanding. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 460-476, 2015.

IBGE (2010), Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008. Disponível em:<<http://www.pintec.ibge.com.br/downloads/publicação%202008.pdf>>. Acessado em: 10/04/2016.

IBGE (2011), Nota Técnica – Análise dos dados da PINTEC 2011. Disponível em:<[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/nota\\_tecnica/131206\\_notatecnica15.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/nota_tecnica/131206_notatecnica15.pdf)>. Acessado em: 18/04/2016.

IBGE (2013) - Pesquisa de Inovação 2011. Disponível em:< <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acessado em: 28/09/2015.

IBGE (2016), Pesquisa de Inovação 2014. Disponível em:< <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99007.pdf>>. Acessado em: 10/12/2016.

IBGE (2016), Concla: Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Disponível em:<[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acessado em: 28/02/2016.

INVERNIZZI, Noela. Nanotechnology between the lab and the shop floor: what are the effects on labor?. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 13, n. 6, p. 2249-2268, 2011a.

INVERNIZZI, Noela. Nanotechnology in Brazilian firms: assessing potential implications for labor (2011b). In: **A presentation at the workshop on emerging technologies/emerging economies:(nano) technologies for equitable development, CNS-UCSB/WWICS, Washington DC**. Disponível em:<<http://nanoequity2009.cns.ucsb.edu/images/stories/presentations>>. Acessado em: 01/12/2015.

INVERNIZZI, Noela; KORBES, Cleci; FUCK, Marcos Paulo. Política de nanotecnología en Brasil: a 10 años de las primeras redes. **Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina**. México, DF, 2012.

INMETRO (2016), Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Disponível em:< <http://www.inmetro.gov.br/>>. Acessado em: 30/06/2016.

INPI (2016) Instituto Nacional da Propriedade Intelectual – INPI. Disponível em:< <http://www.inpi.gov.br/>>. Acessado em: 30/06/2016.

ISLAM, Nazrul; MIYAZAKI, Kumiko. An empirical analysis of nanotechnology research domains. **Technovation**, v. 30, n. 4, p. 229-237, 2010.

JAIN, Kewal K. Nanotechnology in clinical laboratory diagnostics. **Clinica Chimica Acta**, v. 358, n. 1, p. 37-54, 2005. B



JAIN, Kewal K. The role of nanobiotechnology in drug discovery. **Drug discovery today**, v. 10, n. 21, p. 1435-1442, 2005. A

KAY, L.; INVERNIZZI, N.; SHAPIRA, P. The Role of Brazilian Firms in Nanotechnology development. In: **Science and Technology Policies**, 2009 Atlanta Conference on IEEE, 2009, p. 1-8.

KENNEDY, J. Nanotechnology: The Future is coming sooner than You Think. In: FISHER, E.; SELIN, C.; WETMORE, J. M. (Ed.). **The Yearbook of Nanotechnology in Society: Volume 1: Presenting the Future**. Springer. 2011. P. 1-22.

KLINE, S. J; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R. e ROSENBERG, N. (eds.), **The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1986, p. 275–305.

Brasil (2004). LEI 10.973/04, de 2 de dezembro de 2004. Lei da Inovação.

Brasil (2005). LEI 11.196/05 de 21 de novembro de 2005. Lei do Bem.

LUNA, F.; MOREIRA, S.; GONÇALVES, A. Financiamento à inovação. (orgs.) **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília, Ipea, 2008.

LUX RESEARCH (2013), Nanotechnology Update: Corporations Up Their Spending as Revenues for Nano-enabled Products Increase. Disponível em: <[https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/LUX14-0214\\_Nanotechnology %20Study Market Research %20Final%2017p.pdf](https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/LUX14-0214_Nanotechnology%20Study%20Market%20Research%20Final%2017p.pdf)>, Acessado em: 26/12/2016.

MAGRO, Edurne; WILSON, James R. Complex innovation policy systems: Towards an evaluation mix. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1647-1656, 2013.

MARTINS, Paulo Roberto; BRAGA, Ruy. Nanotecnologia: promessas e dilemas da revolução invisível. 2010.

MATTOSO, L.; MEDEIROS, E.; NETO, L. A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio. **Revista de política agrícola**. V. 14, nº 4, p. 38 – 46, 2005.

MAYYPAN, M. Nanotechnology: Challenges and the Way Forward. In: FISHER, E.; SELIN, C.; WETMORE, J. M. (Ed.). **The Yearbook of Nanotechnology in Society: Volume 1: Presenting the Future**. Springer. 2011. P. 227-240.

MAZZUCATO, M. From Invisible Hand to Modern Myths. In: \_\_. **The Entrepreneurial State**. 1ª Edição. Londres: Demos, 2011a. P. 29-46.

MAZZUCATO, M. Beyond Market Failures. In: \_\_. **The Entrepreneurial State**. 1ª Edição. Londres: Demos, 2011b. p. 47-64.

MAZZUCATO, M. National Systems of Innovation. In: \_\_. **The Entrepreneurial State**. 1ª Edição. Londres: Demos, 2011c. p. 65-74.

MAZZUCATO, M.; PENNA, C. The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal. 2016.

MCT (2006), Nanotecnologia: Relatório. Investimentos, Resultados e Demandas. 2006. Disponível em:< [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0019/19536.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19536.pdf)>. Acessado em: 24/07/2016.

MCT (2007), PACTI – Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007 – 2010. Disponível em:<[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0203/203406.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0203/203406.pdf)>. Acessado em: 20/03/2016.

MILLER, G.

MCTI (2012), Plano Plurianual 2012-2015. Disponível em:< [http://sigmct.mct.gov.br/upd\\_blob/0000/543.pdf](http://sigmct.mct.gov.br/upd_blob/0000/543.pdf)>. Acessado em: 02/11/2016.

MCTI (2014), Dados Abertos. Disponível em:<[www.mcti.gov.br/dados-abertos](http://www.mcti.gov.br/dados-abertos)>. Acessado em: 28/03/2016.

MILLER, G. Contemplating the Implications of a Nanotechnology “Revolution” In: FISHER, E.; SELIN, C.; WETMORE, J. M. (Ed.). **The Yearbook of Nanotechnology in Society**: Volume 1: Presenting the Future. Springer. 2011. P. 1-22.

MOTOYAMA, Yasuyuki; APPELBAUM, Richard; PARKER, Rachel. The National Nanotechnology Initiative: Federal support for science and technology, or hidden industrial policy?. **Technology in Society**, v. 33, n. 1, p. 109-118, 2011.

NELSON, Richard R. Reflections of David Teece's “Profiting from technological innovation...”. **Research Policy**, v. 35, n. 8, p. 1107-1109, 2006b.

NICOLSKY, Roberto *et al.* Fórum de competitividade em nanotecnologia: grupo de trabalho em mercado: **relatório de atividades**: novembro 2009 a junho 2010. 2010.

NIKULAINEN, Tuomo; PALMBERG, Christopher. Transferring science-based technologies to industry—Does nanotechnology make a difference?. **Technovation**, v. 30, n. 1, p. 3-11, 2010.

OCDE (2013), MANUAL DE FRASCATI: metodologia proposta para a definição da pesquisa e desenvolvimento experimental, 2013. Disponível em:< [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0225/225728.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0225/225728.pdf)>. Acessado em: 01/03/2016.

OECD (2009) NANOTECHNOLOGY: AN OVERVIEW BASED ON INDICATORS AND STATISTICS - STI WORKING PAPER 2009/7. Disponível em:< [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/nanotechnology-an-overview-based-on-indicators-and-statistics\\_223147043844](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/nanotechnology-an-overview-based-on-indicators-and-statistics_223147043844)>. Acessado em: 17/06/2016.

PEIXOTO, F. **Nanotecnologia e sistemas de inovação: implicações para a política de inovação no Brasil**. 380 f. Tese (Doutorado em Economia) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2013

PEIXOTO, Flávio. Nanotechnology and innovation policy: assessing the economic subversion program in Brazil. In: **The 9th Globelics International Conference: creativity, innovation and economic development**. Buenos Aires, Argentina. 2011.

PÉREZ, Carlota. Cambio técnico, restructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. **El trimestre económico**, v. 59, n. 233 (1, p. 23-64, 1992).

PÉREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of economics**, p. bep051, 2009.

PETERS, S. National systems of innovation and path dependency. In: **National systems of innovation: creating high-technology industries**. New York: Palgrave, 2006, p. 15 - 36.

PLANEJAMENTO (2008), Plano Plurianual 2008-2011. Disponível em: <[http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/arquivo/spi-1/ppa1/2008/081015\\_ppa\\_2008\\_mespres.pdf](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/arquivo/spi-1/ppa1/2008/081015_ppa_2008_mespres.pdf)>. Acessado em: 02/11/2016.

POSSAS, M. Concorrência Schumpeteriana. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia Industrial: Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil**. 2002.

ROCO, Mihail C. The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 13, n. 2, p. 427-445, 2011.

ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. 2004

SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. The present and future of nanotechnology in human health care. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, v. 3, n. 1, p. 20-31, 2007.

SALERNO, M.; DAHER, Talita. Política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal (PITCE): balanço e perspectivas. **Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**, 2006.

SARGENT JR, John F. Nanotechnology: A policy primer. 2012.

SCHUMPETER, J. A. O fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. In: SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Abril Cultural, São Paulo, 1982, p. 68 – 99.

SCRINIS, G.; LYONS, K. The emerging Nano-corporate Paradigm: Nanotechnology and the transformation of nature, food and afri-food systems. **International Journal of Sociology of Food and Agriculture**. v. 15, p. 22-44, 2007.

SENADO (2013), Análise do Plano Brasil Maior – Consultoria do Senado. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema10/2013\\_7665\\_versao%20para%20publicacao.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema10/2013_7665_versao%20para%20publicacao.pdf)>. Acessado em 03/11/2016.

SHAPIRA, P.; YOUTIE, J. Introduction to the symposium issue: nanotechnology innovation and policy—current strategies and future trajectories. **The Journal of Technology Transfer**, v. 36, n. 6, p. 581-586, 2011.

SHAPIRA, P.; YOUTIE, J.; KAY, L. National innovation systems and the globalization of nanotechnology innovation. **The Journal of Technology Transfer**, v. 36, n. 6, p. 587-604, 2011.

SHARIF, Naubahar. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. **Research policy**, v. 35, n. 5, p. 745-766, 2006.

SILVA, F.B.; **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (2010)**. Documento não publicado.

SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; TER WEEL, B. Systems of Innovation. In: HALL, B.; ROSENBER, N. **Handbook of the Economics of Innovation: Volume 2**. Amsterdã: Elsevier, 2010, p. 1160 – 1180.

STEINMULLER, W.E.; Economics of Technology Policy. In: HALL, B; ROSENBERG, N. **Handbook of Economics of Innovation: Volume 2**. Amsterdã: Elsevier, 2010. P. 1181-1218.

SZMRECSANYI, T. A herança schumpeteriana. In: PELAEZ, V.; SZMRECSANYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2005. p. 112 – 136.

TIGRE, Paulo Bastos. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1 jan/jun, p. 187-223, 2006.

VANCE, M.; KUIKEN, T.; VEGENANO, E.; MCGINN, S.; HOHELLA JR, M.; REJESKI, D.. HULL, M. Nanotechnology in the Real World: Redeveloping the Nanomaterial Consumer Products Inventory. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 6, n. 1, p. 1769-1880, 2015.

WEISZ, J. **Mecanismos de apoio à inovação tecnológica**. 3. ed. Brasília. SENAI/DN, 2006.

WIECZOREK, A. J., HEKKERT, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39(1), 74-87.

Woodrow Wilson International Centre for Scholars (2008). Disponível em:<<https://www.wilsoncenter.org/>>.

YOUTIE, Jan; IACOPETTA, Maurizio; GRAHAM, Stuart. Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology?. **The Journal of Technology Transfer**, v. 33, n. 3, p. 315-329, 2008.

